

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Přírodovědecká fakulta**

katedra sociální geografie a regionálního rozvoje

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Regionální a politická geografie



Bc. Petra Nováková

**SPOTŘEBA VYBRANÝCH ZEMĚDĚLSKÝCH KOMODIT V ČESKU A JEJÍ  
DOPADY NA VODNÍ ZDROJE V ZEMÍCH PRODUKCE**

Consumption of selected agricultural commodities in Czechia and its impacts on water  
resources in producing countries

*Diplomová práce*

Praha 2014

Vedoucí diplomové práce: PaedDr. Tomáš Hák, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla použita k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne .....

.....

podpis

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce PaedDr. Tomáši Hákoví, Ph.D. za vstřícný přístup, cenné připomínky a trpělivost při vedení práce. Velké díky patří také mé rodině a přátelům, kteří mě během studia podporovali a motivovali.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá vazbami mezi spotřebou potravin a environmentálními dopady na místech spotřeby často velmi vzdálených. Spotřeba potravin působí prostřednictvím mezinárodního obchodu tlak na vodní zdroje v jiných zemích. V práci je analyzována vodní stopa z geografické perspektivy, konkrétně vodní stopa národní spotřeby dvou vybraných zemědělských plodin s důrazem na část externí vodní stopy. Hlavním cílem je zhodnotit dopady spotřeby vybraných dovážených plodin na vodní zdroje v zemích produkce porovnáním rozdílnosti dopadů v těchto zemích. Pro hodnocení dopadů se využívá nové metody revidované vodní stopy, která propojuje vodní stopu a hodnocení dopadů na vodní zdroje.

Nejprve se práce věnuje popisu současného stavu vodních zdrojů v jednotlivých světových regionech, využívání vody v zemědělství, mezinárodních toků virtuální vody a teoretickému zarámování pojmů vodní stres a vodní stopa. V další části jsou vybrány vhodné plodiny a vyčíslená vodní stopa národní spotřeby. Následuje revidování vodní stopy a hodnocení dopadů na vodní zdroje ve světě způsobených spotřebou vody na produkci plodin dovezených a spotřebovaných v Česku.

**Klíčová slova:** vodní stres, vodní stopa, revidovaná vodní stopa, spotřeba zemědělských komodit, dopady na vodní zdroje

## **Abstract**

The thesis is focused on the relationship between food consumption and environmental impacts on places which are often very distant from the where the consumption itself occurs. Food consumption through the international trade causes pressure on water resources in different countries. The thesis analyses the water footprint from geographical perspectives, specifically focused on national consumption of two selected crops, with an emphasis on external water footprint. The main objective is to evaluate the impacts of consumption of selected imported crops on water resources in producing countries by comparing the differences of the impacts in these countries. To evaluate these impacts, new method of revised water footprint is used. This method connects the water footprint and impact assesment on water resources.

In the first section the thesis is devoted to the description of the current state of water resources in different regions of the world, water use in agriculture, international flows of virtual water and theoretical concepts of water stress and water footprint. In the next section, suitable crops are selected and the water footprint of national consumption is quantified. The following section deals with the water footprint revision and assessment of impacts on water resources in the world, caused by the consumption of water for crop production imported and consumed in Czechia.

**Keywords:** water stress, water footprint, revised water footprint, consumption of agricultural commodities, impacts on water resources

## **Obsah**

<b>Seznam zkratk</b> .....	<b>9</b>
<b>Seznam tabulek, obrázků a grafů</b> .....	<b>10</b>
<b>1. Úvod</b> .....	<b>12</b>
<b>2. Cíle a předpoklady</b> .....	<b>14</b>
<b>3. Úvod do problematiky</b> .....	<b>15</b>
3.1 Rozložení zásob vody na Zemi.....	15
3. 2 Regionální přehled stavu vodních zdrojů .....	15
3. 3 Vodní zdroje ve vztahu k zemědělství.....	19
3. 4 Užití vody v zemědělství- očekávaný vývoj v budoucnu .....	21
3. 5 Nedostatek vody a vodní stres- definice a měření .....	22
3. 6 Vodní stopa- definice, výpočty .....	28
3. 7 Mezinárodní toky virtuální vody .....	38
3. 8 Souvislosti spotřeby komodit a dopadů na vodní zdroje.....	40
<b>4. Metodologie a postup</b> .....	<b>42</b>
4. 1 Metoda revidovaná vodní stopa.....	42
4. 2 Způsob výpočtu revidované vodní stopy.....	44
4. 3 Přednosti metody revidované vodní stopy.....	46
4. 4 Porovnání dalších metod hodnocení dopadů s revidovanou vodní stopou.....	46
<b>5. Výběr plodin pro výpočet vodní stopy a hodnocení dopadů</b> .....	<b>50</b>
5. 1 Kritéria pro výběr vhodných plodin .....	50
5. 2 Postup výběru plodin .....	51
5. 3 Výsledky výběru.....	52
5. 4 Dovoz avokáda .....	52
5. 5 Identifikace a řešení problému reexportů .....	53
5. 6 Dovoz rajčat.....	56
5. 7 Identifikace a řešení problémů reexportů .....	57

5. 8 Posouzení vybraných plodin podle kritérií diverzifikace .....	59
<b>6. Vodní stopa národní spotřeby vybraných plodin .....</b>	<b>61</b>
6. 1 Výpočet externí vodní stopy Česka pro spotřebu avokáda.....	61
6. 2 Výpočet externí vodní stopy Česka pro spotřebu rajčat .....	62
6. 4 Výpočet interní vodní stopy Česka pro spotřebu rajčat.....	63
6. 5 Rozbor tří složek vodní stopy na tunu produkce .....	63
<b>7. Dopady spotřeby vybraných dovezených plodin v Česku na vodní zdroje v zemích produkce .....</b>	<b>65</b>
7. 1 Revidování vodní stopy na tunu produkce .....	65
7. 2 Revidování vodní stopy dovozu avokáda a rajčat .....	68
7. 3 Interní revidovaná vodní stopa národní spotřeby rajčat a porovnání s interní objemovou vodní stopou .....	69
7. 4 Porovnání původních a revidovaných vodních stop dovozu avokáda a rajčat .....	70
7. 5 Porovnání dopadů na vodní zdroje ve světě způsobených spotřebou vody na produkci avokáda dovezeného a spotřebovaného v Česku .....	72
7. 6 Porovnání dopadů na vodní zdroje ve světě způsobených spotřebou vody na produkci rajčat dovezených a spotřebovaných v Česku.....	75
<b>8. Zhodnocení a diskuse .....</b>	<b>80</b>
8. 1 Zhodnocení výsledků.....	80
8. 2 Zhodnocení metod a postupů.....	81
8. 3 Diskuse návrhů řešení.....	83
<b>9. Závěr .....</b>	<b>85</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>88</b>

## **Seznam zkratek**

ČSÚ	Český statistický úřad
FAO	Organizace spojených národů pro výživu a zemědělství
IWMI	Mezinárodní vodohospodářský institut IWMI
IVS	Index vodního stresu
RVS	revidovaná vodní stopa
UNEP	Program OSN pro životní prostředí
VS	vodní stopa
WWAP	Světového programu hodnocení vody
SIWI	Stockholmský mezinárodní institut vody



## Seznam tabulek, obrázků a grafů

### Seznam tabulek

Tab. 1: Avokádo- globálně průměrná vodní stopa a objem dovozu do Česka v roce 2011

Tab. 2: Rajčata- globálně průměrná vodní stopa a objem dovozu do Česka v roce 2011

Tab. 3: Dovoz avokáda do Česka v roce 2011

Tab. 4: Kontrola reexportu- příklad Jihoafrické republiky v roce 201

Tab. 5: Úprava dovozu avokáda do Česka v roce 2011 o reexport z Nizozemska

Tab. 6: Výsledné hodnoty dovozu avokáda do Česka v roce 2011

Tab. 7: Dovoz rajčat do Česka v roce 2011

Tab. 8: Porovnání produkce, exportu a importu rajčat u vybraných zemí v roce 2011

Tab. 9: Objem produkce, exportu a importu rajčat pro Česko v roce 2011

Tab. 10: Poměr dovozu a produkce rajčat pro Česko v roce 2011

Tab. 11: Rozpočítaný celkový export rajčat z Česka v roce 2011

Tab. 12: Výsledné hodnoty dovozu avokáda do Česka v roce 2011

Tab. 13: Země dovozu avokáda a rajčat do Česka v roce 2011 a Index vodního stresu

Tab. 14: Výpočet vodní stopy spotřeby dovezeného avokáda do Česka v roce 2011

Tab. 15: Výpočet vodní stopy spotřeby dovezených rajčat do Česka v roce 2011

Tab. 16: Vodní stopa produkce avokáda na tunu a její tři složky ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Tab. 17: Vodní stopa produkce rajčat na tunu a její tři složky ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Tab. 18: Výpočet vážené vodní stopy na tunu produkce avokáda ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Tab. 19: Nevážená versus vážená vodní stopa produkce avokáda na tunu ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Tab. 20: Výpočet vážené vodní stopy na tunu produkce rajčat ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Tab. 21: Nevážená versus vážená vodní stopa produkce rajčat na tunu ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Tab. 22: Revidovaná vodní stopa dovezeného avokáda do Česka v roce 2011 ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Tab. 23: Revidovaná vodní stopa dovezených rajčat do Česka v roce 2011 ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Tab. 24: Nevážená versus vážená vodní stopa dovezeného avokáda do Česka ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Tab. 25: Nevážená versus vážená vodní stopa dovezených rajčat do Česka ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Tab. 26: Objem dovozu avokáda do Česka v roce 2011 a revidovaná vodní stopa ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Tab. 27: Dovoz rajčat do Česka v roce 2011 a jeho revidovaná vodní stopa ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

### **Seznam obrázků**

Obr. 1: Globální znázornění Indexu vodního stresu

Obr. 2: Externí revidovaná vodní stopa Česka pro spotřebu avokáda v roce 2011 ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Obr. 3: Externí revidovaná vodní stopa Česka pro spotřebu rajčat v roce 2011 ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

### **Seznam grafů**

Graf 1: Vodní stopy dovezeného avokáda do Česka v roce 2011 ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Graf 2: Vodní stopy dovezených rajčat do Česka v roce 2011 ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Graf 3: Rozdílnost vodních stop dovozů avokáda z Chile, Peru a Keni ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Graf 4: Rozdílnost vodních stop pro podobné objemy dovezených rajčat do Česka ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Graf 5: Podobnost vodních stop pro rozdílné objemy dovezených rajčat do Česka ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

## 1. Úvod

Voda je nezbytný přírodní zdroj pro zachování života, správné fungování ekosystémů, lidský blahobyt a mnoho ekonomických aktivit. Voda je obnovitelným, ovšem svým množstvím omezeným přírodním zdrojem. Přirozené rozložení zásob vody na Zemi je značně nerovnoměrné a závisí na okolnostech, které člověk nemůže nijak ovlivnit. Na mnoha místech planety však voda navíc nadměrně ubývá nebo dochází k jejímu znečištění vlivem lidských činností. Ekonomický rozvoj a růst populace zejména od počátku 20. století vedly k významnému zvýšení využívání vody pro lidské potřeby ovlivňující globální koloběh vody. Z porovnání současných odhadů globální spotřeby vody okolo 2600 km<sup>3</sup>/rok a navržených planetárních mezí spotřebního využití povrchové a podpovrchové vody 4000 km<sup>3</sup>/rok (Rockström a kol. 2009) se zdá, že současná spotřeba vody pro lidské potřeby se nachází v bezpečných limitech. Oki a Kanae (2006) zase odhadují, že současné čerpání vody dosahuje pouze méně než 10 % maximálního množství dostupných obnovitelných zdrojů vody. Ovšem Ridoutt a Pfister (2010a) upozorňují na nezanedbatelný fakt, že pokud uvažíme regionální povahu nedostatku vody, většina čerpání vody na Zemi v současnosti probíhá v povodích již vystavených nedostatku vody. Nedostatek vody k uspokojení základních lidských potřeb je globálně obrovský problém. Podle odhadů téměř čtvrtina lidské populace postrádá přístup ke kvalitní pitné vodě a polovina nemá přístup k vodě pro sanitární účely (UNEP, 2003). Nedostatek vody se stává také vzrůstající environmentální obavou.

S růstem světové populace, rostoucí poptávkou po potravinách, pokračujícím ekonomickým rozvojem a vlivem klimatických změn bude globálně tlak na vodní zdroje v budoucnu strmě stoupat. Proto by měla být v globálním zájmu snaha vodní zdroje chránit, identifikovat hrozby a adekvátně na ně reagovat.

Důležitou fází produkce potravin je zemědělství- sektor s průměrně největší spotřebou vody (Ridoutt, Pfister 2010). I když je voda lokální zdroj, v současném globalizovaném světě může být ovlivňována z tisíce kilometrů vzdálených míst. Prostřednictvím mezinárodního obchodu poptávka a spotřeba potravin na jednom místě působí tlak na vodní zdroje po celém světě. Spotřebou dovážených potravin se tak externalizují dopady na vodní zdroje do jiných zemí. Často se může jednat o země s problémy nedostatku vodních zdrojů, proto je důležité zjišťovat, odkud potraviny pocházejí a jaké dopady v místě produkce působí.

Na základě uvedených skutečností jsem se rozhodla diplomovou práci věnovat vodě a analyzovat na případech konkrétních potravin propojení spotřeby potravin v Česku s dopady na vodní zdroje ve světě.

## 2. Cíle a předpoklady

V diplomové práci se snažím ukázat vazby (často skryté) mezi spotřebou a environmentálními dopady na místech, která jsou spotřebě často velmi vzdálená.

Hlavním cílem práce je zhodnotit dopady spotřeby vybraných dovážených plodin na vodní zdroje v zemích produkce porovnáním rozdílnosti dopadů v těchto zemích. Dílčím cílem je výpočet vodní stopy objemů dovážených vybraných plodin a identifikace rozdílů mezi výsledky vyčíslenými pomocí metody vodní stopy a metody revidované vodní stopy.

Na základě mnou stanovených kritérií jsou vybrány dovážené zemědělské komodity do Česka vhodné pro výpočet vodní stopy a následného zhodnocení dopadů na vodní zdroje. V práci aplikuji novou metodu revidované vodní stopy, která propojuje vodní stopu a hodnocení dopadů na vodní zdroje a měla by dát metodě vodní stopy novou přidanou hodnotu.

Pro splnění cílů jsem si definovala tyto předpoklady:

- Dopady na vodní zdroje, způsobené pěstováním vybraných zemědělských plodin, se významně liší podle toho, jaká je dostupnost vodních zdrojů v dané exportující zemi.
- Metoda revidované vodní stopy identifikuje země, kde produkce plodin působí významné dopady na vodní zdroje; lze předpokládat, že se bude jednat o jiné země, než které mají „pouze“ vysokou vodní stopu dané produkce.

### 3. Úvod do problematiky

#### 3.1 Rozložení zásob vody na Zemi

Zemský povrch se rozprostírá na ploše 510 miliónů km<sup>2</sup>, z toho zaujímají oceány a moře 70,8 % a pevnina 29,2 %. Povrch pevniny a voda jsou na planetě rozděleny nerovnoměrně. Na jižní polokouli oceán zabírá 81 % a pevnina 19 %, severní polokouli tvoří oceán z 61 % a pevnina z 39 %. Tato rozdílnost spolu s odlišným charakterem jednotlivých oblastí se významně odráží oběh vody, vodní bilanci, utváření klimatu aj. (Ruda 2013)

Celkový objem vody na Zemi dosahuje asi 1400 miliónů km<sup>3</sup>. Rozdělení zásob je v neprospěch vody sladké, zaujímá pouze 2,8 % a 97,2 % veškeré vody na Zemi tvoří slaná voda v oceánech a mořích. Nejrozsáhlejší zásobárnou sladké vody jsou pevninské ledovce (2,1 %), dále 0,62 % se nachází v podzemních vodách, 0,009 % ve sladkovodních jezerech, 0,0001 % ve vodních tocích a dále voda v půdě a živých organizmech (Ruda 2013). Méně než 1 % sladké vody je snadno přístupné pro přímé využití lidskou společností (SIWI 2012).

#### 3.2 Regionální přehled stavu vodních zdrojů

V této kapitole jsou popsány základní rysy stavu vodních zdrojů v jednotlivých oblastech světa, rozdělených organizací *Program OSN pro životní prostředí (UNEP)* do 7 světových regionů. Tato kapitola vychází ze zdroje UNEP (2003).

##### Evropa

Evropa má nerovnoměrně rozmístěné zdroje vody. Situaci dokládá různý objem průměrného povrchového odtoku- v západních oblastech Norska kolem 3 000 mm, ve střední Evropě kolem 100 – 400 mm a pouze 25 mm ve středu a na jihu Španělska. Na většině území Evropy se využívá převážně povrchové vody. Podzemní voda je využívána pouze pro veřejné zásobování vodou. Evropa jako celek využívá relativně málo procent z veškerých obnovitelných zdrojů vody- severské státy pouze 5 %, ovšem západoevropské země Belgie, Německo a Nizozemí čerpají 40 %. V těchto zemích se však voda používá zejména v energetickém průmyslu na chlazení a voda se do zdroje, odkud byla čerpána, vrátí téměř nezměněná. Jižní Evropa má obecně zásoby vody podstatně menší kvůli nižším srážkám a vyšší hustotě zalidnění, tlak na vodní zdroje se navíc zvyšuje významnou spotřebou vody v zemědělství. Nadměrné používání umělých hnojiv v minulosti vedlo

k poměrně závažnému znečištění zdrojů vody, které trvá dodnes zejména v západní Evropě (UNEP 2003).

## **Afrika**

V Africe jsou vodní zdroje velmi nerovnoměrně rozložené. Nejvlhčí zemí je Demokratická republika Kongo s průměrnými obnovitelnými zdroji v rozsahu 935 km<sup>3</sup>. Status nejsušší africké země má s průměrem 0,4 km<sup>3</sup> Mauretánie. V Africe je velkým problémem neshoda prostorového rozložení vody s hustotou zalidnění, což vede k nedostatkům vody v některých oblastech. Dalšími příčinami nedostatku vody je prudce rostoucí populace a poptávka po pitné vodě, nedostatečné čištění odpadních vod, zemědělství využívající umělého zavlažování a industrializace. Zavlažovací systémy jsou staré a neefektivní, například na území Jihoafrické republiky se ztratí 50 % vody na zavlažování. Vodovodní systémy jsou na tom podobně a uniká z nich obrovské množství vody. Podzemní voda je v Africe hojně využívána a tvoří 15 % celkové spotřeby vody. Využívá se hlavně v aridních oblastech s omezenými povrchovými zdroji vody pro potřeby domácností a na pěstování plodin. Na některých místech, kde jsou lidé závislí na podzemní vodě, její čerpání překračuje limity obnovitelnosti a povede k závažným environmentálním a socio-ekonomickým dopadům. Nedostatečné čištění odpadních vod je dalším africkým palčivým problémem. Čištění odpadních vod má zajištěno 60 % populace, na venkově pouze 47 %. Spolu se špatným zásobováním vodou má za výsledek znečištění povrchových i podpovrchových zdrojů vody. Velmi slabá kvalita vody vede ke vzniku chorob a omezuje zemědělskou produkci a ve výsledku je jedním z faktorů brzdících ekonomický rozvoj (UNEP 2003).

## **Asie a Tichomoří**

Této oblasti se dostává až 36 % světového povrchového odtoku, ovšem i přes tuto skutečnost největší problémy Asie a Tichomoří spočívají v nedostatku vody a znečištění. Tento region má nejméně dostupné vody na obyvatele. Země trpící nedostatkem vody jsou například Pákistán, Korejská republika a Bangladéš. Nedostatek vody a velmi špatná sanitace vedou v tomto regionu ke smrti více než 500 000 kojenců ročně. Největší spotřebitel vody regionu je zemědělství (86 %), 8 % využije průmysl a pouze 6 % domácnosti. Vodní zdroje jsou silně znečištěné patogeny, těžkými kovy, toxickými látkami, usazeninami, suspendovanými látkami, kaly a solemi. Žlutá řeka, Ganga, Amudarja a Syrdarja se řadí k nejznečištěnějším řekám světa (UNEP 2003).

## **Latinská Amerika a karibská oblast**

Latinské Americe a karibské oblasti se dostává 30 % světových zdrojů vody a jako celek mají vody dostatek. Avšak i zde jsou velké regionální rozdíly v zásobách vody. Hydrologické sběrné oblasti Mexického zálivu, jižního Atlantiku a La Platy tvoří 25 % povrchu regionu, žije zde 40 % obyvatelstva, ale mají k dispozici pouze 10 % vodních zdrojů regionu. Odhaduje se, že Jižní Amerika má zásoby podzemní vody 3 miliony km<sup>3</sup> a tyto zdroje vody jsou také hodně využívány. Některé oblasti na podzemní vodě zcela závisí, například Mexiko. Mnoho malých karibských ostrovů trpí nedostatkem vody a je odkázáno pouze na dešťovou vodu (Antigua a Barbuda, Bahamy, Barbados a další). V regionu využívá vody nejvíce zemědělský a průmyslový sektor. V minulosti se prudce rozšířilo závlahové zemědělství, které v karibské oblasti spotřebovává 56 % z celkového objemu čerpané vody a ve Střední Americe dokonce 78 %. Zavlažovací systémy jsou často nevhodné a neefektivní, což způsobuje značné ztráty vody. V Peru a Chile se prudce zvyšuje poptávka po vodě pro důlní sektor a tlak na vodní zdroje se zvyšuje, v těchto zemích to v budoucnu může znamenat potřebu vodu dovážet. Latinská Amerika neměla až do 70. let 20. století zásadní problémy se znečištěním vody. Dnes je mnoho vodních zdrojů v regionu znečištěno, zejména nečištěnými odpadními vodami z měst a dále ze zemědělství (UNEP 2003).

## **Severní Amerika**

Severní Amerika má 13 % zásob globálního objemu obnovitelné sladké vody. Do tohoto čísla jsou ale započítány i pevninské a vysokohorské ledovce. Z nezmrzlých vodních zdrojů tvoří největší podíl podzemní vody, na kterých také závisí mnoho oblastí. Podzemní voda byla v 90. letech 20. století čerpána pro potřeby 50 % severoamerické populace a na venkově pro 90 % obyvatel, v USA tvořila 10 % celkového čerpání vody. Zemědělská produkce byla v té době závislá na podzemní vodě na 62 % z celkové zavlažované zemědělské plochy. Zásoby podzemní vody na řadě míst zásadně poklesly a jejich současná dostupnost se stává klíčovou otázkou aridních oblastí. Znečištění povrchových i podpovrchových zdrojů vody je v Severní Americe závažným problémem. Největším zdrojem kontaminace jsou škodlivé a nebezpečné látky používané v zemědělství, průmysl však přispívá velkou měrou ke znečištění také. Od roku 1970 do 2000 vzrostlo používání umělých hnojiv z 15 na 22,5 milionů tun. Celkem 49 států USA se potýká se znečištěním podzemních vod dusíkem (UNEP 2003).



## **Západní Asie**

Region západní Asie se subregiony Mašrek (Jordánsko, Sýrie, Libanon, Izrael, Irák) a Arabský poloostrov se vyznačuje velmi omezenými zásobami vody. V aridní oblasti Arabského poloostrova ročně spadne pouze 100 mm srážek, subregion spoléhá výhradně na zdroje podzemní vody a systémy odsolování mořské vody. Mašrek je oblastí zejména aridní a semiaridní s ročním úhrnem srážek na 70 % území méně než 250 mm. V regionu Západní Asie je jedním z nejvýznamnějších důvodů zvyšující se spotřeby vody prudký růst obyvatelstva- z 37,3 miliónů v roce 1972 na 97,7 miliónu v roce 2000. V zemích Mašreku kvůli zvyšující se poptávce po vodě klesl objem sdílených dostupných zdrojů vody z 6 057 km<sup>3</sup> v roce 1950 na 1 574 km<sup>3</sup> v roce 2000. S ohledem na vážné problémy s dostupností vody řada zemí v regionu omezuje spotřebu vody populace prostřednictvím přidělových systémů- například Jordánsko zásobuje obyvatele Ammánu vodou pouze tři dny v týdnu, nebo v Damašku jsou lidé zásobeni vodou méně než 12 hodin denně. Největším spotřebitelem vody v regionu je zemědělství, využívá 82 % z celkového objemu spotřebované vody. Vlády mnoha zemí v regionu stanovily v 70. letech 20. století strategie potravinové bezpečnosti, jež od té doby vedly k obrovskému rozmachu zemědělství. Kvůli vládním dotacím, neregulovanému čerpání vody, nekvalitním závlahovým systémům atd. byla voda čerpána v ohromném měřítku. Aby se v regionu dokázala uspokojit poptávka domácího a zemědělského sektoru po vodě, dochází k nadměrnému využívání zdrojů podzemní vody, jejichž zásoby se dramaticky snižují. V Saudské Arábii klesla hladina podzemní vody ve zvodni Umm Er Radhuma o více než 70 metrů v období 1978 – 1984. Khouri (2000) uvádí, že v pěti ze sedmi zemí Arabského poloostrova byla vyčerpána obnovitelná voda a dochází k čerpání neobnovitelných podzemních zdrojů vody. Nadměrné odběry podzemní vody způsobují také nárůst salinity podzemní vody, například v některých oblastech Sýrie a Jordánska stoupla salinita na několik tisíc miligramů na litr vody. Zdroje vody jsou dále ohroženy kontaminací zejména používáním umělých hnojiv v zemědělství (UNEP 2003).

## **Polární oblasti**

### **Arktida**

V Arktidě se nachází většina sladkovodních zásob planety. Hlavními ledovci jsou ledový příkrov Severního ledového oceánu s rozsahem 8 miliónů km<sup>2</sup> a grónský ledovec rozprostírající se na ploše 1,7 miliónů km<sup>2</sup>. Několik řek v Arktidě patří mezi nejdelší řeky světa. I arktické vodní zdroje jsou vystavené kontaminaci. Znečišťující látky pocházející

hlavně z Ruska se řekami dostávají do moře a jsou přenášeny až k pobřeží Arktidy, odkud se dostávají do vodních zdrojů na pevnině řekami tekoucími směrem na jih (UNEP 2003).

#### Antarktida

Antarktický ledovec je nejrozsáhlejší sladkovodní vodní těleso na Zemi. Další ledovce se nacházejí v pobřežních antarktických oblastech. Zásobárnami vody jsou také jezera, menší vodní plochy a sezónní řeky a potoky. Vodní zdroje v Antarktidě potenciálně ohrožují kontaminací vědci a turistické skupiny, míra znečištění se však spekuluje (UNEP 2003).

### 3. 3 Vodní zdroje ve vztahu k zemědělství

Spotřeba vody pro zemědělství je nejvýznamnější způsob, jakým lidé zasahují do globálního hydrologického cyklu (Rost a kol. 2008). Průměrně globálně zemědělství pojme 70 % veškeré vody čerpané zemědělským, komunálním a průmyslovým sektorem (WWAP 2012).

Za posledních 50 let čelily půda a voda, hlavní vstupní zdroje pro zemědělskou produkci, prudkému nárůstu poptávky po potravinách. Zejména faktory mechanizace a intenzifikace zemědělství a využívání umělého zavlažování zvýšily zemědělskou produktivitu a umožnily relativně pokrýt vzrůstající potravinové nároky populace. Světová zemědělská produkce se za uvedenou dobu zvýšila 2,5 až 3 krát. Rozsah obhospodařované plochy vzrostl celosvětově o 12 %. Více než 40 % v nárůstu v produkci potravin pochází ze zavlažovaných oblastí a velikost samotných zavlažovaných oblastí se za posledních 50 let zdvojnásobila. V současnosti je pro pěstování plodin využíváno 11 procent zemského povrchu a zemědělská produkce spotřebuje 70 procent veškerého čerpání vody z řek, jezer a podzemních zásob (FAO 2011).

Zemědělská produkce se dá rozdělit podle způsobu zavlažování plodin na zemědělství závislé na srážkách a využívající umělé zavlažování. Zemědělství závislé na srážkách je globálně převažujícím systémem zemědělské produkce, ovšem umělé zavlažování plodin při pěstování nabývá stále většího významu. Od roku 1961 do 2009 se plocha zemědělství závislého na srážkách v konečném výsledku nezměnila vůbec (naopak zaznamenala nepatrný pokles o 0,2 procenta plochy), oproti tomu plocha závlahového způsobu pěstování plodin se zdvojnásobila (FAO 2011). Ačkoliv zemědělství využívající umělého zavlažování spotřebuje pouze 20 procent z celkových 7 130 km<sup>3</sup> roční spotřeby vody

v zemědělství, tvoří více než 40 procent světové zemědělské produkce na méně než 20 procentech obhospodařované půdy (WWAP 2012).

Rozšiřování oblastí, kde se plodiny uměle zavlažují, stále pokračuje a to mírou 0,6 procenta ročně. Důvodem expanze zemědělství využívající umělých závlah i přes skutečnost, že většina hlavní zemědělské půdy vhodné pro zavlažování už je tímto způsobem obhospodařována, jsou požadavky na dodávky vody pro pěstování na odbyt takzvané *just-in-time* tedy v přesnou dobu. Zavlažování umožňuje prostřednictvím koncentrace vstupů (objemu vody) intenzifikovat pěstování plodin a prostřednictvím dodávek vody v přesnou dobu garantovat následnou distribuci zemědělských produktů do urbanizovaných oblastí (FAO 2011).

Úspěchy intenzifikace zemědělské produkce jsou ovšem v příliš mnoha oblastech spojené s hospodářskými postupy a praktikami, jež degradovaly vodní systémy. V některých případech dochází k situacím, kdy hromadění environmentálních dopadů na vodní zdroje dosáhlo hranice, za níž je ohrožená produkce a dodávky vody pro obyvatelstvo žijící v oblasti. Někdy také způsobují praktiky intenzivního zemědělství vážnou degradaci životního prostředí zahrnující ztrátu biodiverzity, vážné úbytky povrchové a podzemní vody, znečištění povrchové a podzemní vody způsobené nevhodným užitím hnojiv a pesticidů aj. (FAO 2011)

Ač zavlažování přináší pozitiva v ohledu vyšší produkce a finančních příjmů (výnosy sklizní zavlažovaných plodin jsou zhruba 2,7 krát vyšší než ty z pěstování závislém na srážkách), má také negativní důsledky na životní prostředí a náklady na řešení dopadů mohou někdy převyšovat přínosy této produkce (WWAP 2012). Negativními dopady mohou být snížení environmentálních toků, přílišné čerpání podzemní vody, změny v přístupu třetích stran k vodním zdrojům, snížení rozsahu mokřadů apod. (FAO 2011) Zavlažování negativně ovlivňuje nejen vodní zdroje, ale také nevhodné způsoby zavlažování zapříčiňují zasolování půdy. To představuje v současnosti vzrůstající problém v Austrálii, Indii, Pákistánu a dalších oblastech Středního východu (WWAP 2012).

Na zavlažování plodin se poměrně rychle a ve velkém rozsahu začala využívat podzemní voda. Podle studií organizace *Organizace spojených národů pro výživu a zemědělství* (dále jen FAO) téměř 40 procent světových zemědělských oblastí zavlažovaných vodou v současnosti závisí na podzemní vodě buď jako na primárním zdroji nebo v kombinaci s povrchovou vodou (FAO 2011). Rost a kol. (2008) udává, že polovina objemu vody pro zavlažování se čerpá z podzemních neobnovitelných zdrojů vody nebo z lokálně nedostupných vodních zdrojů. Intenzivní čerpání podzemní vody na zavlažování v mnoha

oblastech převyšuje míru přirozeného doplňování podzemní vody, má tak za následek vážné environmentální dopady a na některých místech čerpání neobnovitelné fosilní vody způsobuje nenávratné škody vodních zdrojů a celých ekosystémů (FAO 2011). Zdroje podzemní vody čerpají ve velkém rozsahu země s největšími závlahovými plochami, a to Indie (ročně 190 km<sup>3</sup>), Čína (53 km<sup>3</sup>) a USA (110 km<sup>3</sup>) (Rost a kol. 2008). Čerpání fosilní vody je známo především v aridních oblastech Severní Afriky a Arabského poloostrova (WWAP 2012).

Dostatek vody pro zemědělství může být problémem v oblastech, v nichž se již většina obnovitelné vody k nejrůznějším účelům využívá. Problémy s dostupností vody pro zemědělství nastávají obecně v zemích trpících nedostatkem vody, kdy tato situace omezuje užití umělého zavlažování. Pokud se i přesto umělé zavlažování v takových oblastech využívá, působí vážné dopady na tamní vodní zdroje. V zemích s nízkými a středními příjmy, kde zároveň rychle roste populace, může poptávka po vodě převyšovat nabídku, respektive dostupnost vody. Kvůli vzrůstající poptávce po vodě ze strany potřeb obyvatelstva, zemědělství a dalších sektorů dochází k soutěži o vodní zdroje vedoucí k environmentálnímu stresu a socio-ekonomickému napětí (FAO 2011).

Zemědělství ve velkém rozsahu ovlivňuje vodní zdroje také používáním umělých hnojiv, pesticidů, herbicidů a dalších podpůrných látek produkce, které se dostanou do půdy a vodních zdrojů a působí velmi negativně na kvalitu vody. Současná zemědělská produkce je vysoce závislá na umělých hnojivech obsahujících fosfor, dusík a draslík, aby udržela výnosnost plodin (Cordell a kol. 2009). Obava ze znečištění vodních zdrojů odplavováním škodlivin ze zemědělské půdy začíná být kritickou v mnoha světových povodích. V současnosti jsou dusičnany nejčastějšími chemickými kontaminanty světových podzemních zdrojů vody. Podle dat z roku 2011 země používající největší množství pesticidů jsou USA, dále země v Evropě, hlavně západoevropské státy. Pokud se pohlíží na použití pesticidů z hlediska použití na jednotku obhospodařované plochy, nejintenzivnějším uživatelem pesticidů je Japonsko (WWAP 2012).

### **3. 4 Užití vody v zemědělství- očekávaný vývoj v budoucnu**

Předpokládá se růst světové populace na 8,3 miliard lidí v roce 2030 a na 9,1 miliard v roce 2050. S růstem populace se očekává růst poptávky po zemědělské produkci o 50 procent do roku 2030 a o 70 procent kolem roku 2050 a dále nároky na energii z vodních elektráren a dalších obnovitelných zdrojů energie o 60 procent. (FAO 2011, WWAP 2012)

Nároky na vodu jsou samozřejmě s těmito trendy propojené. Zejména rostoucí zemědělská produkce bude zvyšovat spotřebu vody a situace povede k vyšší konkurenci mezi jednotlivými sektory využívajícími vodu.

Předpovídání budoucích nároků na vodu u zemědělského sektoru je dosti složité a ovlivněné mnoha faktory. Budoucí poptávka zemědělství po vodě bude záviset na poptávce po potravinách, jež se bude odvíjet od počtu lidí a také od vzorců spotřeby. Zemědělská produkce a spotřeba vody budou též ovlivněny nejistotami v sezonních klimatických odchylkách, efektivitou zemědělských produkčních postupů a výnosy. I když předpovědi nejsou snadné a liší se v závislosti na různých scénářích, odborníci ze *Světového programu hodnocení vody* (WWAP) odhadují, že globální zemědělská spotřeba vody, zahrnující zemědělství závislé na umělém zavlažování i na srážkách, se zvýší do roku 2050 o 19 procent na roční objem 8 515 km<sup>3</sup> (WWAP 2012). FAO předpovídá 10 procentní nárůst spotřeby vody na zavlažování plodin do roku 2050. Na základě současných tendencí v efektivitě využívání vody v zemědělství a zisků z výnosů FAO predikuje potřebu růstu čerpání vody o více než 2900 km<sup>3</sup> ročně do roku 2030 a téměř o 3000 km<sup>3</sup> ročně do 2050. Navíc se očekává tento nárůst spotřeby vody v regionech podléhajících nedostatku vody. Dále je odhadováno rozšiřování plochy zavlažované půdy o 6 procent (FAO 2011).

### **3. 5 Nedostatek vody a vodní stres- definice a měření**

Mnoho zemí či regionů se potýká s problémy nedostatku vody, ať už jsou příčiny omezených zásob vody způsobené přirozeným nerovnoměrným rozložením vodních zdrojů na Zemi nebo k nim značnou mírou přispívají různé lidské činnosti (UNEP 2003).

Charakterizovat vodní stres je poměrně obtížné, jelikož existuje mnoho rovnocenně důležitých aspektů k užití, zásobám a nedostatku vody. Již dvě dekády jsou vyvíjeny různé přístupy snažící se co nejlépe a z různých hledisek popsat zranitelnost vodních zdrojů (Brown a kol. 2011).

V této kapitole jsou uvedeny nejčastěji používané metody definování a měření vodního stresu a vodního nedostatku rozdělené do tří skupin podle podobnosti přístupu.

#### **Indexy založené na lidských požadavcích na vodu**

Tyto indexy jsou vyjadřovány v množství vody na osobu za rok a většinou v národním měřítku. Indexy vycházejí z předpokladu, že pokud víme, jaké množství vody je potřeba na

pokrytí lidských potřeb, pak voda, která je dostupná pro každou osobu, může sloužit jako míra nedostatku vody (Rijsberman 2006).

Nejčastěji používanou metodou měření vodního stresu je „Falkenmarkův“ indikátor vodního stresu. Podle tohoto ukazatele je vodní stres vyjádřen jako celkové množství obnovitelných vodních zdrojů dostupné na osobu za rok nebo také jako část celkového ročního odtoku dostupná pro lidské použití. Oblast je vystavena vodnímu stresu, pokud roční zásoby vody klesnou pod 1700 m<sup>3</sup> na osobu. Pokud je množství dostupné vody na osobu za rok pod 1000 m<sup>3</sup>, populace čelí nedostatku vody a pod 500 m<sup>3</sup> už absolutnímu nedostatku vody (Falkenmark a kol. 1989). Metoda je poměrně jednoduchá a potřebná data lze relativně snadno získat. Díky tomu je tento způsob měření vodního stresu velmi rozšířen a srovnávací ukazatel 1000 m<sup>3</sup> vody na osobu za rok stal se standardem akceptovaným například Programem OSN pro životní prostředí (UNEP) nebo Světovou Bankou (Brown a kol. 2011).

Nicméně tento zjednodušený přístup má podle White (2012) svá omezení:

- Použitím národního měřítka zanedbává důležité regionální rozdíly v dostupnosti vody.
- Selhává v zohledňování reálné využitelnosti vody, nezohledňuje totiž například stav a kvalitu vody- některé vodní zdroje mohou být závažně kontaminované.
- Opomíjí rozdíly ve spotřebě vody jednotlivých zemí způsobených rozdílnou kulturou, životním stylem a klimatem.

Z „Falkenmarkova“ indikátoru vycházeli další autoři a vyvíjeli obdobné ukazatele, založené na stejném principu charakterizujícím vodní stres vzhledem k lidským nárokům na vodu. Například Gleick představil v roce 1996 *Index základních lidských potřeb vody*, podle něhož nedostatek vody nastává, když z dostupných vodních zdrojů v zemi není možné pokrýt požadované množství vody pro základní lidské potřeby- pitná voda pro přežití, voda na hygienu, pro sanitární služby a základní potřeba vody pro přípravu jídla v domácnosti. Gleick poté navrhl minimální množství vody v každé z těchto čtyřech sekcích (Gleick 1996) Oproti Falkenmarkovu indikátoru se Gleickovi povedlo odstranit pouze jediný nedostatek ze tří uvedených, a to ignorování rozdílné spotřeby vody v jednotlivých zemích (Brown a kol. 2011).

Tyto indexy měří stav vodních zdrojů podle fixních lidských požadavků na množství vody k dostupnosti vody, ale nezahrnují obnovitelné zásoby/zdroje vody a národní roční poptávku po vodě. Což znamená, že uvažují pouze využití vody v domácnostech a zanedbávají spotřebu v jiných sektorech, zejména v zemědělství, jež je největším spotřebitelem vody (Brown a kol. 2011). Tyto indexy odrážejí spíše socioekonomickou situaci než vodní stres (Kuonina a kol. 2013).

### **Indexy zranitelnosti vodních zdrojů**

Další skupinou indexů charakterizujících vodní stres, jsou indexy začleňující do měření obnovitelné zdroje vody a roční národní nároky na vodu.

Raskin a kol. (1997) vytvořili *Index zranitelnosti vodních zdrojů (Water Resources Vulnerability Index)*, jenž je definován jako „podíl celkového ročního odběru vody a dostupných vodních zdrojů. Stát je považován jako mající nedostatek vodních zdrojů, jestliže roční odběry jsou mezi 20 a 40 % ročních zásob a mající závažné nedostatky vody, pokud odběry přesáhnou 40 %. Tato metoda a práh 40 % jsou běžně používány v analýzách o stavu vodních zdrojů a tento práh byl nazván „kritickým poměrem“ – poměrem odběrů vody pro lidské potřeby k celkovému množství obnovitelných vodních zdrojů.“ (Raskin a kol. 1997)

V *Indexu lokálního relativního užití a opětovného využití vody (The Index of Local Relative Water Use and Reuse)* Vorosmarty a kol. (2005) využili Raskinového ukazatele a zakomponovali do něj geoprostorové nástroje pro práci s klimatickými vstupy. Lokálního měřítka docílili rozdělením definovaných oblastí do buněk o velikosti 8 km. Index byl kalkulován pro každou buňku. Spotřeba vody je spočítána jako součet odběrů vody pro domácí, průmyslový a zemědělský sektor. Pokud je hodnota indexu větší než 40 %, oblast se považuje za region s vysokým stupněm vodního stresu.

Mezinárodní vodohospodářský institut (IWMI) představil v roce 2007 poněkud odlišný ukazatel nedostatku vody. *Index fyzického a ekonomického nedostatku vody* je založen na výpočtu množství obnovitelných vodních zdrojů dostupných pro lidské použití (pouze za předpokladu existující vodní infrastruktury) s ohledem na hlavní zásoby vody. Fyzický nedostatek vody v oblasti nastává, pokud je více než 75 % říčních toků odčerpáváno pro zemědělství, průmysl a domácí účely. Nižší stupeň fyzického nedostatku vody IWMI nazývá tzv. blížícím se fyzickým nedostatkem vody, při němž je čerpáno 60 % z říčních

toků a předpokládá se, že taková oblast bude v budoucnu čelit fyzickému nedostatku vody. Tato definice napovídá, že suché oblasti nemusí nutně trpět nedostatkem vody, ale záleží na objemu čerpání vody (Brown a kol. 2011).

Naopak u ekonomického nedostatku vody jsou vodní zdroje v oblasti dostačující v poměru ke spotřebě vody a z vodních těles je čerpáno pouze maximálně 25% dostupné vody pro lidské potřeby, ale voda je nedosažitelná kvůli lidským, institucionálním a finančním limitům, například nedostačující vodní infrastruktura v důsledku nedostatku financí, informací- vzdělání, know-how (Brown a kol. 2011).

#### *Index udržitelnosti povodí*

Chavez a Alipaz se pokusili vytvořit komplexnější ukazatel odkazující na udržitelnost využívání povodí, začleněním aspektů týkajících se hydrologie, životního prostředí, života a politiky, z nichž každý má parametry zátěže, stavu a odezvy. Index je vypočítáván pro konkrétní povodí a rozlohu maximálně 2 500 km<sup>2</sup> (rozsáhlejší oblasti je nutno rozdělit do menších částí). Pro všechny čtyři zmíněné aspekty Chavez a Alipaz stanovili indikátory, jež nabývají hodnot od 0 do 1. Dále každý parametr se ohodnotí body 0; 0,25; 0,50; 0,75 nebo 1,0. Všechny indikátory mají stejnou váhu, i když se parametry liší povodí od povodí a jsou stanoveny na základě shody mezi zúčastněnými stranami (Brown a kol. 2011).

Nevýhodou tohoto indexu je neaplikovatelnost do globálního měřítka a nedostatek velmi specifických informací pro mnoho oblastí. Dále by měl index podle názvu hodnotit udržitelnost využívání povodí, což podle Brown a kol. (2011) nehodnotí, nýbrž pouze odhaduje.

#### **Indexy začleňující ekosystémové požadavky na vodu**

Třetí skupinou indexů měřících vodní stres a nedostatek vody jsou indexy zohledňující environmentální požadavky ekosystémů na vodu.

*Index vodní chudoby* posuzuje vodní stres propojením odhadů fyzické dostupnosti vody se socioekonomickými proměnnými, které odrážejí chudobu (Sullivan 2002). Sullivan upozorňuje na fakt, že vyčerpané vodní zdroje souvisí s ekosystémovou degradací, a proto by měl index charakterizující vodní stres zohledňovat udržitelnou úroveň dostupnosti vody pro zachování ekosystémů. Tento přístup se pokouší započítat roli příjmu a bohatství do stanovení nedostatku vody měřením:



- Úrovně přístupu k vodě,
- množství, kvality a variability vody,
- množství vody použitého pro domácí využití, potraviny a produktivní účely,
- kapacity pro vodní management,
- environmentálních aspektů.

Nevýhodou tohoto přístupu je kritická závislost na vytvoření standardizovaných vah pro každou proměnou v indexu a navíc by tyto váhy byly stejné pro všechny ekosystémy, komunity, ekonomiky a kultury, což se jeví jako velký nedostatek. Index je vhodný pouze pro analýzy lokálního měřítka. (Brown a kol. 2011)

Smakhtin a kol. v roce 2004 navrhli *Indikátor vodního stresu IVS (Water stres indicator)*, v němž zdůrazňuje nároky životního prostředí na vodu jako významný parametr dostupnosti vodních zdrojů. Tento indikátor vyjadřuje „*jaký podíl využitelné vody ve světových povodích je v současnosti čerpán pro lidskou spotřebu a kde je tato spotřeba v rozporu s požadavky životního prostředí na vodu. ... Ekosystémové požadavky na vodu jsou pak definované jako součet čerpaných toků určité velikosti, načasování, frekvence a trvání. Tyto toky společně zajišťují komplexní soubor vodních biotopů a ekosystémových procesů a nazývají se environmentálními toky.*“ (Smakhtin a kol. 2004)

Pro celkové množství dostupných vodních zdrojů byl použit ukazatel průměrného ročního odtoku (PRO). Odhadované environmentální požadavky na vodu (EPV) autor vyjádřil jako procento z dlouhodobého ročního průměrného říčního odtoku, který by měl být zachován pro environmentální účely.

$$IVS = \text{čerpání vody} / \text{PRO} - \text{EPV}$$

Smakhtin a kol. porovnali výsledky s Raskinovým indexem vodního stresu, respektive *Indexem zranitelnosti vodních zdrojů* (pro který platí:  $IVS = \text{čerpání vody} / \text{PRO}$ ) a srovnání ukázalo, že větší počet povodí vykazuje vyšší vodní stres, pokud se zváží ekosystémové požadavky na vodu. *Indikátor vodního stresu* od Smakhtina a kol. (2004) poskytuje přesnější charakteristiku regionálních zásob vody.

Metod definujících a měřících vodní stres nebo nedostatek vody existuje více než bylo v této kapitole popsáno. Účelem však nebylo obsáhnout všechny dostupné metody, ale vybrat a charakterizovat základní a nejčastěji používané metody.

Po charakterizování těchto metod bylo zjištěno, že pojmy *vodní stres* a *vodní nedostatek* jsou používány ve stejném smyslu a jsou zaměňovány.

Tímto se začala zabývat společnost CEO Water Mandate Secretariat a dospěla k závěru, že navzdory častému používání těchto pojmů neexistovala shoda v definicích, pojmy neměly ukotvený význam a byly zaměňovány. V roce 2013 společnost CEO Water Mandate Secretariat iniciovala dialog o harmonizaci významů těchto pojmů (Schulte 2014). Sedm významných mezinárodních organizací zabývajících se otázkami vody, mezi nimiž byly i Water Footprint Network (WFN), World Resources Institute a World Wildlife Fund, se shodlo na následujících definicích:

*„Vodní nedostatek odkazuje na objemový nadbytek nebo nedostatek zásob vody. Typicky je počítán jako poměr vody spotřebovávané pro lidské potřeby k dostupným zásobám vody v dané oblasti.“*

*„Vodní stres znamená schopnost nebo neschopnost uspokojit lidské a environmentální požadavky na vodu. Vodní stres umožňuje poznání, v jakých geografických oblastech je náročné splnit lidské a ekologické nároky na vodu. V porovnání s vodním nedostatkem je vodní stres více otevřený a širší koncept. Bere v úvahu několik fyzických aspektů souvisejících s vodními zdroji, včetně vodního nedostatku, ale také kvality vody, environmentálních toků a dosažitelnosti vody.“ (Schulte 2014)*

Vodní nedostatek je pouze jeden z atributů, který přispívá k vodnímu stresu. Teoreticky se daná oblast může nacházet ve vysokém stupni vodního stresu, ale netrpí nedostatkem vody, například jestliže je v oblasti velmi znečištěná voda, ale této kontaminované vody je dostatek (Schulte 2014).

Jelikož tedy rozlišení významů termínů vodní stres a vodní nedostatek bylo vyjasněno teprve v současné době (diskuze proběhly v roce 2013 a publikované byly v roce 2014), bude se odrážet až v nových nebo připravovaných metodách a studiích. V diplomové práci je využíváno těchto pojmů tak, jak jsou uváděny ve zdrojích, ze kterých je čerpáno.

### **3. 6 Vodní stopa- definice, výpočty**

#### **Koncept virtuální voda**

Koncept virtuální vody vytvořil Tony Allen v roce 1994 na University of London v rámci studií zabývajících se nedostatkem vody na Středním Východě. Virtuální vodu Allen definoval jako objem vody potřebný k produkci výrobku, služby nebo zemědělské komodity během celého výrobního procesu. Tento objem vody je měřen v místě výroby, virtuální voda je tedy místně-založená definice (Allan 1998). Impuls pro vytvoření konceptu virtuální vody dali Allenovi izraelští vědci, kteří koncem 80. let kritizovali vývoz plodin náročných na vodu z Izraele, jež má závažné problémy s nedostatkem vody (WWC 2004).

Název „virtuální“ napovídá, že většina vody z celkového objemu, jež byl spotřebován na produkci výrobku, není v samotném produktu fyzicky obsažena. Skutečný obsah vody v produktu je oproti virtuální vodě většinou zanedbatelný (WWC 2004).

Řešením izraelské vodní krize ale i problémů s nedostatkem vody v jiných zemích by byl podle Allena dovoz virtuální vody místo vody reálné. Tak jako v mezinárodním obchodu se zbožím a komoditami i v obchodu s virtuální vodou se využívá principu komparativních výhod. Protože koncept virtuální vody předpokládá, že zásoby sladké vody jsou na Zemi nerovnoměrně rozloženy a jednotlivé země disponují různým množstvím dostupných vodních zdrojů, Allen doporučuje státům s omezenými vodními zdroji vyvážet výrobky nenáročné na vodu a dovážet produkty, jejichž výroba či pěstování spotřebovává velké množství vody. Naopak země s dostatkem vodních zdrojů mohou využít své komparativní výhody a vyrábět produkty náročné na vodu a tyto následně vyvážet.

Obchod s virtuální vodou tedy Allen považuje za nástroj globálně efektivnějšího využívání vody a zmírnění dopadů na životní prostředí díky zvolení vhodnějších oblastí pro produkci výrobků (WWC 2004).

#### **Koncept vodní stopa**

V roce 2002 představil Arjen Hoekstra termín vodní stopa inspirovaný koncepty ekologické stopy a uhlíkové stopy. V analogii k ekologické stopě, která vyčísluje plochu území potřebné pro zachování životního stylu a úrovně určité populace, vodní stopa znázorňuje roční objem vody potřebný k zachování životního stylu a určité úrovně populace. Vodní stopa je také úzce spojena s konceptem virtuální vody. Obecně je vodní

stopa definovaná jako celkový objem sladké vody potřebný k produkci zboží a služeb, které jsou spotřebovány danou společenskou jednotkou (Hoekstra, Hung 2002).

Vodní stopa je komplexní indikátor užití vody zaměřený na spotřebu. Uvažuje nejen přímou spotřebu vody ale také nepřímé využití vody a vhodně tedy doplňuje klasické a omezené ukazatele, například měření odběrů vody. Může být posuzována pro různé objekty, subjekty a oblasti, záleží tedy na zaměření zájmu hodnotitele. Vodní stopu lze vyjádřit pro výrobek, zemědělskou komoditu, službu, specifický procesní krok, nebo naopak celý produkční řetězec. Vodní stopa může být vyčíslena pro spotřebitele, skupiny spotřebitelů, pro producenty či celý ekonomický sektor. Dále se vodní stopa uvažuje z geografické perspektivy a to buď v rámci vymezené oblasti jako obec, region, stát, povodí nebo jako vodní stopa národa či národní spotřeby určité země (Hoekstra a kol. 2009).

Hoekstra vytvořením vodní stopy odhalil skryté propojení spotřeby a užití vody na produkci statku či služby pro tuto spotřebu. Jak Hoekstra a kol. (2011) poznamenávají: „*Vodní stopa ukazuje míru a geografické rozložení využívání vody v souvislosti s lidskou spotřebou.*“ Popisují vodní stopu také jako „*geograficky explicitní indikátor, ukazující nejen objem užití a znečištěné vody, ale také místo, kde k této spotřebě vody dochází.*“ Tento vícerozměrný ukazatel měří užití vody z hlediska objemu spotřebovaného a znečištěného na jednotku času a v určitém území- vodní stopa je tedy vždy nejen geograficky ale také časově specifikována (Hoekstra a kol. 2011).

Jelikož je důležité znát kromě celkového užitého objemu vody i jednotlivé zdroje vody, (Hoekstra a kol. 2011) rozlišili tři složky virtuální vody: modrou, zelenou a šedou virtuální vodu, jež při vyčíslování vodní stopy tvoří modrou, zelenou, a šedou vodní stopu.

Dělení celkové vodní stopy na tři složky:

- Modrá vodní stopa

*„Modrá vodní stopa odkazuje na spotřebu modré vody (povrchové a podzemní) v celém dodavatelském řetězci produktu. Spotřeba znamená ztrátu vody z dostupných povrchových či podpovrchových vodních těles v příslušném povodí. Ztráty nastanou, když se voda vypaří, vrátí do jiného povodí nebo do moře nebo je vtělena do produktu.“*

- Zelená vodní stopa

*„Zelená vodní stopa se týká spotřeby zelených zdrojů vody (dešťová voda do té chvíle, než se stane odtokem).“*

- Šedá vodní stopa

*„Šedá vodní stopa se vztahuje k znečištění a je definovaná jako objem sladké vody, jež je nezbytný k asimilaci znečišťujících látek, tak aby výsledná koncentrace zůstala pod zákonnými limity v daném místě a bylo dosaženo místních standardů kvality vody.“ (Hoekstra a kol. 2011)*

Rozlišení kategorií zelené, modré a šedé vody a znalost jejich poměru je u vodní stopy velmi hodnotné, jelikož každá složka má jiný dopad na hydrologický cyklus. Společným atributem všech tří vod je ovšem jejich bezprostřední nevyužitelnost pro jiné účely – znečištěnou vodu je možné využít až po nějaké době, za kterou se vyčistí a zelená i modrá voda se v podobě srážek objeví na jiném území (Hoekstra a kol. 2011).

Vodní stopa (VS) se vyjadřuje v objemu vody na jednotku produktu nebo objemu vody za jednotku času. U produktu se tedy vodní stopa vyčísluje jako objem vody na jednotku produktu, nejčastěji na hmotnost produktu (v jednotkách  $\text{m}^3/\text{t}$  nebo  $\text{l}/\text{kg}$ ) nebo také na kus na finanční hodnotu. Pro spotřebitele nebo producenty se vodní stopa vždy vyjadřuje jako objem vody za jednotku času ( $\text{m}^3/\text{rok}$  nebo  $\text{m}^3/\text{den}$ ,  $\text{m}^3/\text{měsíc}$ ).

Oproti klasickým ukazatelům, například „čerpání vody“, se vodní stopa jako indikátor „užití vody“ liší v následujících důležitých aspektech:

- Započítává modrou vodu pouze v případě, kdy se voda nevrátí zpět do vodního tělesa, odkud byla spotřebována.
- Neuvažuje pouze modrou vodu, ale zahrnuje také zelenou a šedou vodu.
- Není omezena pouze na přímé užití vody, do kalkulace zahrnuje velmi důležité a jinak skryté nepřímé užití vody. (Hoekstra a kol. 2009)

### **Výpočet vodní stopy procesního kroku**

*Procesní krok* je základem pro počítání vodní stopy. Například vodní stopa produktu (zboží nebo služby), je součet všech vodních stop různých procesních kroků vztahujících se k výrobě daného produktu (Hoekstra a kol. 2011).

## Modrá vodní stopa

Modrá vodní stopa je ukazatel spotřebního užití povrchové a podzemní vody a začleňuje vodu vypařenou, vtělenou do produktu, nenavrácenou do stejného povodí nebo nenavrácenou ve stejném časovém období- pokud je to relevantní (př. pokud se voda vrátí v období dešťů místo období sucha, kdy byla čerpána). Jako nejvýznamnější složka modré vody je považováno vypařování, protože má za následek největší ztráty vody. Vypařená voda je zhodnocena v celém procesním řetězci- v „úložištích“ vody (odpaření z umělých vodních nádrží), během transportu vody jako například v otevřených zavlažovacích kanálech, během výroby (například když se ohřívá voda a pára není zachycena) a při likvidaci (případ čistíren odpadních vod). Modrá voda je lidmi využívána na zavlažování, při průmyslové výrobě nebo pro domácí potřeby (Hoekstra a kol. 2011).

Při pohledu na spotřební užití vody je nutné upozornit, že spotřeba vody neznamena úplné zmizení vody, jelikož voda zůstane v cyklu a vždy se někde vrátí. Voda je obnovitelným zdrojem, ale její množství není neomezené, proto je někdy považována za podmíněně obnovitelný zdroj. V určitém období, kdy objem vody, jež napájí podzemní vodní tělesa nebo protéká řekami, je omezený na určité množství a nelze čerpat respektive spotřebovávat více vody než je dostupné.

Zjednodušený vzorec výpočtu vodní stopy procesního kroku ( $VS_{proc,modrá}$ ):

$$VS_{proc,modrá} = V_{papařování\ modré\ vody} + V_{tělená\ modrá\ voda} + Tok\ „ztráta - návrat“$$

Tok „ztráta – návrat“ obsažený ve vzorci znamená: „část navraceného toku vody, který není dostupný pro opětovné využití v rámci stejného období čerpání vody, buď protože se vrátil do jiného povodí (nebo odtéká do moře) nebo protože se vrátil v jiném časovém období“ (Hoekstra a kol. 2011)

V některých případech hodnocení vodní stopy se modrá voda ještě rozlišuje na další podsložky a to povrchovou vodu, proudící (obnovitelnou) podzemní vodu a fosilní vodu. Detailnější informace o modré vodě by byly velice cenné pro zjišťování zejména toho, jestli se na výrobu produktu nebo pěstování zemědělských plodin nespotebovává neobnovitelná fosilní voda. Bohužel pro rozsáhlejší studie tohoto typu chybí dostatečná datová základna (Hoekstra a kol. 2009)

## **Zelená vodní stopa**

Zelená vodní stopa je ukazatel spotřebního užití zelené vody, tedy dešťové vody zachycené v půdě jako půdní vlhkost, která neodteče a nedoplňuje zásobníky vody nebo dešťové vody dočasně zachycené na povrchu půdy či rostlin. Zelená vodní stopa odkazuje na vodu vypařenou z půdy a rostlin a na vodu vtělenou do produktu (ta je ovšem minimální až zanedbatelná). Dešťová voda je využívána zejména pro produkci zemědělských plodin, proto je rozhodující její zahrnutí do kalkulace vodní stopy zemědělských komodit.

Zelená vodní stopa procesního kroku ( $VS_{proc,zelená}$ ) je vyjádřena jako:

$$VS_{proc,zelená} = V_{papařování\ zelené\ vody} + V_{tělená\ zelená\ voda}$$

Dopady hydrologické, environmentální a sociální a náklady na produkci se budou podstatně lišit při spotřebě zelené a modré vody, proto je nezbytné rozlišovat, vyčíslit a porovnávat zelenou a modrou vodní stopu (Hoekstra a kol. 2011).

## **Šedá vodní stopa**

Šedá vodní stopa procesního kroku není indikátorem spotřebního užití vody jako modrá a zelená vodní stopa, ale ukazatelem stupně znečištění sladké vody, k němuž dochází během daného procesního kroku. Jak už bylo poznamenáno, šedá vodní stopa je definována jako *„objem sladké vody, jež je nezbytný k asimilaci znečišťujících látek, tak aby výsledná koncentrace zůstala pod zákonnými limity v daném místě a bylo dosaženo místních standardů kvality vody.“* (Hoekstra a kol. 2011)

Složka šedé vody nebyla součástí konceptu vodní stopy od jejího počátku v roce 2002. Šedou vodní stopu představili Hoekstra a Chapagain až v roce 2008 po rozpoznání možnosti vyjádřit úroveň znečištění vody jako objem vody potřebný na rozředění znečišťujících látek, tak že už více nebudou ohrožující (Hoekstra a kol. 2011).

Po určitých úpravách byla šedá vodní stopa vypočítána *„dělením množství vypouštěných znečišťujících látek ( $P, množství/čas$ ) rozdílem mezi místními standardy vody pro daný polutant (maximální akceptovatelná koncentrace ( $K_{max}$  , ( $množství/objem$ )) a jeho přirozenou koncentrací v konkrétním vodním tělese ( $K_{nat}$  , ( $množství/objem$ )), kam je znečišťující látka vypouštěna.“* (Hoekstra a kol. 2011)

Vzorec výpočtu neobsahující další detailní dopočty je roven:

$$VS_{proc,šedá} = \frac{P}{K_{max} - K_{nat}}$$

### **Vodní stopa produktu**

Vodní stopa produktu se definuje jako celkový objem sladké vody, který byl spotřebován přímo nebo nepřímo k výrobě produktu a to ve všech fázích produkčního řetězce. Zahrnuje vodu spotřebovanou i znečištěnou při výrobě. Pro produkty zemědělské, průmyslové nebo služby je postup výpočtu velmi podobný (Hoekstra a kol. 2009).

Vodní stopa produktu je někdy také označována jako „obsah virtuální vody“ produktu. Tento termín má však užší význam než vodní stopa. Odkazuje pouze na spotřebovaný objem vody na rozdíl od vodní stopy, která nese informace nejen o objemu vody ale i o jejích jednotlivých složkách, místě a období spotřeby vody. Pojmy by proto neměly být zaměňovány (Hoekstra a kol. 2009). Termín „virtuální voda“ je nejčastěji používán v kontextu mezinárodních nebo meziregionálních toků virtuální vody, kdy státy nebo regiony při vývozu/dovozu produktu s ním zároveň vyvázejí nebo dovážejí vodu ve virtuální podobě (Mekonnen, Hoekstra 2011).

Existují dva způsoby jak vypočítat vodní stopu produktu:

- Postupná akumulace: Vodní stopa produktu je vyčíslena na základě vodních stop vstupních produktů potřebných během posledního procesního kroku výroby konečného produktu. Při tomto výpočtu se očekává, že se z jednoho vstupního výrobku může vyrobit více konečných produktů.
- Součet procesních kroků: Vodní stopa je sumou vodních stop jednotlivých procesních kroků výroby určitého produktu vydělená množstvím těchto vyrobených produktů. Tento přístup se aplikuje pouze tehdy, je-li výstupem výroby a tedy všech výrobních procesních kroků jen jeden produkt (Hoekstra a kol. 2011)

### **Výpočet vodní stopy zemědělské plodiny**

V produkčním řetězci je zemědělská fáze úsekem nejvyšší spotřeby vody. Samotné zemědělské komodity nebo produkty, jež zahrnují ve svém výrobním systému zemědělství, budou mít významnou vodní stopu.



Vodní stopa procesu pěstované zemědělské komodity se vypočítá jako součet modré, zelené a šedé vodní stopy:

$$VS_{proc.} = VS_{proc.modrá} + VS_{proc.zelená} + VS_{proc.šedá}$$

Složka modré vodní stopy je vyčíslena jako modrá voda využitá plodinou ( $m^3/ha$ ) děleno výnos ( $t/ha$ ). Pro kalkulaci zelené vodní stopy se použije stejný postup (Hoekstra a kol. 2011).

Při výpočtu šedé vodní stopy se prvně množství aplikované chemické znečišťující látky ( $kg/ha$ ) násobené bezrozměrným koeficientem vydělí rozdílem mezi maximální přístupnou a přirozenou koncentrací dané látky ve vodním tělese ( $t/ha$ ). Tento výsledek se ještě vydělí výnosem plodiny ( $t/ha$ ). Znečišťující látky (polutanty) u zemědělské produkce obvykle zahrnují hnojiva (dusík, fosfor aj.), pesticidy a insekticidy (Hoekstra a kol. 2011).

Komponenty zelené a modré vody využitá plodinou se vypočítají jako nashromáždění každodenní evapotranspirace během celého období pěstování plodiny. U modré vody se evapotranspirace vztahuje závlahové vodě vypařující se z polí a u zelené vody je to dešťová voda, která se odpařuje z polí.

Pojem evapotranspirace znamená „výpar z půdy a půdního povrchu, kde jsou plodiny pěstovány, zahrnující transpiraci vody, která skutečně prošla plodinami.“ (Hoekstra a kol. 2011) Jak napovídá definice, evapotranspirace je kombinací dvou procesů a to evaporace (výpar vody z povrchu půdy) a transpirace (výpar vody povrchem rostlin).

Kalkulace evapotranspirace je klíčová pro výpočet složek modré a zelené vodní stopy a tedy následně i celkové vodní stopy, protože evapotranspirace tvoří objem vody využitá plodinou, jež se nejvýznamněji podílí na vodní stopě zemědělských plodin.

Evapotranspirace se odvíjí od čtyř faktorů:

- Klimatické podmínky (zejména sluneční záření, teplota a vlhkost vzduchu a rychlost větru),
- charakteristiky plodiny (výška rostliny, kořenová hloubka, hustota osevu),
- zemědělské postupy (týkající se zavlažování, hnojení atd.),
- environmentální faktory (vlastnosti půdy- př. typy půdních horizontů, salinita půdy, obsah živin) (Allen a kol.1998).

### **Vodní stopa spotřebitele a skupin spotřebitelů**

Vodní stopa spotřebitele znamená celkový objem vody, který se využije nebo znečistí během produkce zboží nebo služeb následně konzumovaných daným spotřebitelem a objem vody, jež daný spotřebitel využije přímo (spotřebuje nebo znečistí v domácnosti a zahradě). V případě skupiny spotřebitelů se jejich vodní stopy sečtou (Hoekstra a kol. 2011).

Vzorec vodní stopy spotřebitele ( $VS_{spot}$ ) je roven:

$$VS_{spot} = VS_{spot.přímá} + VS_{spot.nepřímá}$$

### **Vodní stopa v rámci geograficky vymezeného prostoru**

Vodní stopou v rámci geograficky vymezeného prostoru se rozumí celkově spotřebovaná a znečištěná voda v rámci hranic dané oblasti. Proto je důležité přesně stanovit hranice zkoumaného území. Geograficky vymezený prostor, pro něž se vodní stopa obvykle počítá, může být obec, region, stát, povodí, nebo jiná hydrologická či administrativní jednotka. Vodní stopa se kalkuluje jako suma vodních stop všech procesů, které se odehrávají v dané oblasti (Hoekstra a kol. 2011).

### **Vodní stopa v rámci státu**

Vodní stopa v rámci státu znamená celkový objem vody, který je využit nebo znečištěn pro přímou či nepřímou spotřebu v rámci teritoria státu. Je také možné ji nazývat vodní stopou národní produkce. Vyčíslí se jako součet vodních stop veškerých procesů, jež probíhají na území daného státu. Procesní vodní stopy se uvádějí v jednotkách objemu na jednotku času (Hoekstra a kol. 2011).

$$VS_{stat.} = \sum_q VS_{proc} [q]$$

### **Vodní stopa národní spotřeby**

Vodní stopa národní spotřeby nebo také jinak nazývaná Národní vodní stopa odkazuje na celkový objem vody využitý na produkci zboží a služeb spotřebovaných obyvateli dané země za určité období. Vodní stopa národní spotřeby ( $VS_{nar.spot}$ ) se skládá ze dvou složek- interní a externí vodní stopy národní spotřeby.

$$VS_{nar.spot} = VS_{nar.spot,int} + VS_{nar.spot,ext}$$

Interní vodní stopa národní spotřeby ( $VS_{nar.spot,int}$ ) zahrnuje objem domácích vodních zdrojů využitých na produkci zboží nebo služeb spotřebovávaných obyvateli daného státu. Vypočítá se odečtením objemu exportované virtuální vody ( $V_e$ ) od vodní stopy v rámci státu ( $VS_{stat}$ ). Export virtuální vody odkazuje na vývoz zboží a služeb domácího původu a reexport (neboli opětovný vývoz) dovezeného zboží či služeb.

$$VS_{nar.spot,int} = VS_{stat} + V_e$$

Externí vodní stopa národní spotřeby ( $VS_{nar.spot,ext}$ ) tvoří objem vody spotřebovaný v jiných zemích na produkci zboží nebo služeb poté dovezených do uvažované země a spotřebovaných místními obyvateli. Externí vodní stopa národní spotřeby je výsledkem rozdílu dovozu virtuální vody a objemu reexportu virtuální vody (Hoekstra a kol. 2009).

$$VS_{nar.spot,ext} = V_e - V_{re}$$

Pro kalkulaci Vodní stopy národní spotřeby lze použít dva přístupy:

- *Bottom-up* („*zdola nahoru*“) - Při tomto přístupu se sčítá přímá spotřeba vody obyvateli daného státu a vodní stopy veškerého spotřebovaného zboží a služeb obyvateli daného státu, jež bylo vyprodukováno v uvažovaném státě nebo dovezeno.
- *Top-down* („*shora dolů*“) – Druhým způsobem se ke spotřebě domácích vodních zdrojů (vodní stopa v rámci státu) přičítá rozdíl importu a exportu virtuální vody.

Výsledné hodnoty u obou přístupů by teoreticky měly být shodné, protože se však používají jiná vstupní data, výsledky jsou rozdílné. Přístup *zdola nahoru* je založený na datech o spotřebě, u přístupu *shora dolů* se počítá s údaji mezinárodního obchodu. Způsob výpočtu *zdola nahoru* podává přesnější výsledky, ale je velmi složité získat příslušné datové zdroje, proto se většinou ve studiích využívá způsob *shora dolů* (Hoekstra a kol. 2011).

U vodní stopy národní spotřeby je důležitý poměr její interní a externí složky, jelikož externalizace vodní stopy vede ke zvyšující se závislosti na vodních zdrojích z jiných zemí. Což následně znamená externalizaci dopadů na životní prostředí (Mekonnen, Hoekstra 2011).

### **Národní závislost na importu virtuální vody a národní vodní soběstačnost**

Pro vlády je při tvorbě národních strategií žádoucí znát míru závislosti národa na cizích zdrojích vody (Hoekstra a kol. 2011). K takovému zjištění může posloužit výpočet národní závislosti na importu virtuální vody ( $NZ_{imp.virt.v, \%}$ ) vyjádřený poměrem externí vodní stopy k celkové vodní stopě národní spotřeby:

$$NZ_{imp.virt.v} = \frac{VS_{nar.spot,ext}}{VS_{nar.spot}} \times 100$$

Národní vodní soběstačnost (NVS, %) se spočítá jako interní vodní stopa dělená celkovou vodní stopou národní spotřeby:

$$NVS = \frac{VS_{nar.spot,int}}{VS_{nar.spot}} \times 100$$

### **Využití vodní stopy**

Vodní stopa vizualizuje skryté vazby mezi produkcí nebo spotřebou a využíváním zdrojů vody. Je to objemová míra spotřeby a znečištění vody, která nevyjadřuje či nehodnotí dopady užití vody na životní prostředí v dané oblasti. Ovšem vodní stopa podává cenné časoprostorové informace o účelech využití vodních zdrojů člověkem a reflektuje stav daného životního prostředí, hydro-klimatických podmínek a také výrobních postupů. Proto výsledky výpočtů vodní stopy mohou být využity v debatě o udržitelném a vhodném užití vody a jeho alokaci a dále dává vodní stopa dobrý základ pro hodnocení dopadů spotřeby vody (Hoekstra a kol. 2009, Hoekstra a kol. 2011).

Podle Hoekstry a kol. 2011 by údaje získané měřením vodní stopy mohly být vhodným doplňkem tradičních vodohospodářských ukazatelů měření vody (např. odběr povrchových a podzemních vod), jelikož vodní stopa vypovídá o celkových nárocích společnosti na vodní zdroje. Ale zároveň kromě celkového pohledu vodní stopa nabízí i detailní vhled do produkčního řetězce a propojením producentů, dodavatelů a prodejců explicitně

upozorňuje odpovědnost jednotlivých aktérů. Pro stanovení nových strategií a hospodářských politik jsou užitečné informace o vodních stopách skupin spotřebitelů (domácností, nebo národa jako celek) a výrobců (sektorové vodní stopy- například pro zemědělství). Dále údaje o vlivu vodní stopy na režim vodního toku nebo objem využívané vody z daného povodí na pěstování nepříliš výnosných plodin jsou přínosné pro orgány správy povodí. Také dnes již mnoho výrobců zařadilo vodní stopu do svých výročních zpráv jako jeden z environmentálních ukazatelů. I spotřebitel může využít informace o vodních stopách, například vodní stopy zboží a služeb při snaze snížit svou vlastní vodní stopu (Hoekstra a kol. 2009).

### **3. 7 Mezinárodní toky virtuální vody**

Mezinárodní obchod s komoditami implikuje transfery vody ve virtuální podobě na obrovské vzdálenosti. Mezinárodní toky virtuální vody jsou poměrně významné, studie ukazují, že 16 % globální vodní stopy, jde na vrub produkce zboží a komodit na export. S rostoucí globalizací obchodu je velmi pravděpodobné, že se globální vzájemné provázanosti týkající se vody a externalizace spotřeby vody jednotlivých zemí zvýší. Současná globální struktura obchodu značně působí na spotřebu vody ve většině zemí světa buď tím, že spotřebu snižuje nebo naopak zvyšuje. Znalost toků vody ve virtuální podobě vstupující a opouštějící zemi, může výrazně změnit pohled na tvorbu národních plánů a opatření týkající se spotřeby vody (Chapagain, Hoekstra 2008).

*Tok virtuální vody* mezi dvěma geograficky vymezenými oblastmi (v této kapitole jsou uvažované státy) představuje objem virtuální vody přemístěný z jedné oblasti do druhé jako výsledek obchodu produktů. Mezinárodní toky virtuální vody tvoří buď *export virtuální vody* (vývoz daného objemu virtuální vody využitého na produkci exportovaných zemědělských komodit) nebo *import virtuální vody* (dovoz daného objemu virtuální vody využitého na produkci zemědělských komodit v jiných zemích). (Mekonnen, Hoekstra 2011)

Mezinárodní toky virtuální vody mapované v této kapitole jsou vypočítávány násobením objemů obchodovaných komodit vodními stopami na tunu produkce příslušnými pro dané produkty a dané exportující země. Množství virtuální vody závisí na tom, kde a jakým způsobem byl produkt vyroben, respektive zemědělská komodita vypěstována (Mekonnen, Hoekstra 2011). Mezinárodní toky virtuální vody byly vyčísleny na hodnotu 2320 mld.

m<sup>3</sup>/rok pro období 1996 – 2005. Celkovou sumu tvoří z 68 % zelená voda, ze 13 % modrá voda a z 19 % voda šedá. Mezinárodní obchod zemědělských plodin a produktů s nimi souvisejícími přispívá do globálních toků virtuální vody ze 76 %. Zbýlých 24 % souvisí s obchodem průmyslového zboží (12 %) a živočišných produktů (také 12%). (Mekonnen, Hoekstra 2011)

Největšími exportéry virtuální vody jsou USA (314 mld. m<sup>3</sup>/rok), Čína (1413 mld. m<sup>3</sup>/rok), Indie (1125 mld. m<sup>3</sup>/rok), Brazílie (112 mld. m<sup>3</sup>/rok), Argentina (98 mld. m<sup>3</sup>/rok), Kanada (91 mld. m<sup>3</sup>/rok), Austrálie (89 mld. m<sup>3</sup>/rok), Indonésie (72 mld. m<sup>3</sup>/rok), Francie (65 mld. m<sup>3</sup>/rok) a Německo (64 mld. m<sup>3</sup>/rok). Tyto země přispívají více jak polovinou do globálního exportu virtuální vody (Mekonnen, Hoekstra 2011).

Ovšem zajímavá z hlediska potenciálních dopadů produkce na vodní zdroje je statistika největších vývozců modré virtuální vody. USA, Pákistán, Indie, Austrálie, Uzbekistán, Čína a Turecko vykazují 49 % veškerých globálních exportů virtuální vody a zároveň se všechny tyto země potýkají s vyššími stupni vodního stresu (Mekonnen, Hoekstra 2011, Smakhtin a kol. 2004)

Země, které největší množství virtuální vody importují, jsou následující: USA (234 mld. m<sup>3</sup>/rok), Japonsko (127 mld. m<sup>3</sup>/rok), Německo (125 mld. m<sup>3</sup>/rok), Čína (121 mld. m<sup>3</sup>/rok), Itálie (101 mld. m<sup>3</sup>/rok), Mexiko (92 mld. m<sup>3</sup>/rok), Francie (78 mld. m<sup>3</sup>/rok), Velká Británie (77 mld. m<sup>3</sup>/rok) a Nizozemsko (71 mld. m<sup>3</sup>/rok). (Mekonnen, Hoekstra 2011)

Dovoz virtuální vody tvoří jakýsi dodatečný zdroj vody dané země, často svým objemem velmi významný. Například do Jordánska se doveze objem virtuální vody přirovnatelný k pětkrát většímu objemu ročně dostupných obnovitelných zdrojů vody Jordánska. Nebo Nizozemský čistý import virtuální vody je rovný objemu ročních čistých srážek v zemi (Chapagain, Hoekstra 2008).

Při porovnávání toků virtuální vody jedné země lze určit úroveň rovnováhy virtuální vody. *Rovnováha virtuální vody* dané země znamená čistý import virtuální vody v určitém období, který se vypočítá odečtením exportu virtuální vody dané země od importu virtuální vody do uvažované země. Pokud vyjde kladná bilance (rovnováha), stát pouze dováží virtuální vodu (čistý dovoz virtuální vody), při negativní bilanci je tomu naopak (Hoekstra a kol. 2011). Největší čistí vývozcí virtuální vody se nacházejí v Severní Americe (USA, Kanada, Brazílie, Argentina), v jižní Asii (Indie, Pákistán, Indonésie, Thajsko) a dále Austrálie. Naopak největším dovozci virtuální vody patří státy severní Afriky, Blízkého východu, Mexiko, Evropa (jako celek), Japonsko a Jižní Korea (Mekonnen, Hoekstra 2011).

Bilance virtuální vody nemusí být rozdílná pouze u zemí od sebe vzdálených geograficky, úrovní rozvoje nebo s rozdílnými hydro-klimatickými podmínkami. Z analýzy Hoekstry a Hunga (2002) pro období 1995 – 1999 vyplývají následující rozdíly. Ze zemí Blízkého východu Sýrie čistě vyvážela virtuální vodu související s obchodem plodin, Izrael a Jordánsko byly naopak čistými dovozci virtuální vody. V jižní Africe byly čistými vývozci Zambie a Zimbabwe, naopak čistým dovozcem Jihoafrická republika. A nakonec srovnání některých zemí bývalého Sovětského svazu- Kazachstán a Ukrajina virtuální vodu čistě vyváželi, zatímco Ruská Federace měla čistý dovoz virtuální vody.

Hoekstra a Hung (2002) zkoumali, zda koreluje závislost na dovozu virtuální vody a nedostatek vody v zemi, jelikož vážné problémy s dostupností vody jsou pochopitelným důvodem pro import vody ve virtuální podobě. Předpokládali, že čím vyšší nedostatek vody v zemi, tím bude vyšší závislost na dovozu virtuální vody. Ve výsledku se však neobjevil žádný vztah mezi těmito zkoumanými jevy. Chapagain a Hoekstra, (2008) k tomuto testování doplňují, že celková situace je mnohem složitější, než při hodnocení pouze z pohledu vodních zdrojů. V podmínkách současného mezinárodního obchodu je voda zřídka kdy dominantním faktorem určujícím obchod s produkty náročnými na vodu. Důležitými určujícími faktory jsou další vstupní „zdroje“ jako půda a pracovní síla stejně jako velmi významnou roli hrají národní politiky, dotace vývozu a mezinárodní obchodní bariéry. U Jemenu například nastává situace vážného nedostatku vodních zdrojů (dochází zde k přečerpávání zdrojů podzemní vody) ale zároveň nízká závislost na importu virtuální vody. Jemen totiž nemá cizí měnu k tomu, aby dovážel na vodu náročné produkty a šetřil tím své omezené zdroje vody. Naopak Egypt navzdory vážným problémům s dostatkem vodních zdrojů volí nízkou závislost na importu virtuální vody záměrně, chce totiž dosáhnout potravinové soběstačnosti masivním využíváním vody z Nilu pro zemědělské účely (Chapagain, Hoekstra 2008).

### **3. 8 Souvislosti spotřeby komodit a dopadů na vodní zdroje**

V současnosti lidé například v Japonsku nepřímo a nevědomky ovlivňují regionální vodní systémy tisíce kilometrů vzdálené na jiném kontinentu kupříkladu v USA. Mnoho výzkumů a studií se zabývalo dopady vypouštění skleníkových plynů na budoucí globální teplotu, odpařování a strukturu srážek. Málo pozornosti se však upíralo k dalšímu mechanismu, skrz který populace ovlivňuje vodní systémy v jiných částech světa, a tím je mezinárodní obchod. Světový obchod se zemědělským a průmyslovým zbožím přímo

propojuje poptávku po produktech náročných na vodu (což jsou hlavně plodiny) v zemích jako Japonsko a spotřebu vody pro produkci komodit na vývoz v zemích jako je USA. Spotřebitelé v Japonsku vyvíjejí nepřímý tlak na vodní zdroje v USA, kde může docházet k nadměrnému čerpání podzemní vody a vyprazdňování řek. Jsou známy konkrétní příklady takovýchto dopadů v USA, např. vytěžené zvodnělé vrstvy Ogallala a vyprázdněná řeka Colorado (Chapagain, Hoekstra 2008). Z výše uvedených důvodů je nezbytné, aby se dostupnost a spotřeba vody neanalyzovala pouze na úrovni říčního povodí, jak tomu bylo dříve, ale v globálním kontextu.

Největším rizikem „*globalizace vody*“ jsou tedy nepřímé dopady spotřeby externalizované do jiných zemí. Vyrůstá objem vody spotřebované na produkci více zboží a komodit na export, ovšem voda v zemědělství je stále oceňována hluboko pod svojí reálnou hodnotou, zvláště v zemích vystavených vodnímu stresu. Spotřebitelé dovezených komodit si většinou neuvědomují a neplatí za environmentální problémy ve vzdálených oblastech, kde se jejich zboží či komodity produkují (Chapagain, Hoekstra 2008). Zárným, ovšem odstrašujícím, příkladem je provázanost evropských spotřebitelů bavlny (ovšem samozřejmě nejen evropských) a vysychání Aralského jezera. (Chapagain a kol. 2006)



## 4. Metodologie a postup

Prvním krokem výzkumu je výběr dovážených plodin podle stanovených kritérií. Podrobné informace o postupu výběru, stanovených kritériích a zdrojích dat se nacházejí přímo v kapitole *Výběr plodin pro výpočet vodní stopy a hodnocení dopadů*.

Po nalezení vhodných dovážených plodin je úkolem vypočítat vodní stopy objemů dovážených vybraných plodin. Ke kalkulaci se využívá databáze vodních stop pro produkci zemědělských plodin ve 205 zemích světa z roku 2010 od Mekonnen a Hoekstry. Přesný postup výpočtů vodních stop dovážených plodin je podrobně popsán v kapitole *Vodní stopa národní spotřeby vybraných plodin*.

Hlavním cílem práce je zhodnotit dopady spotřeby vybraných dovážených plodin na vodní zdroje v zemích produkce porovnáním rozdílnosti dopadů v těchto zemích. Pro splnění tohoto cíle využiji novou metodu *revidované vodní stopy*, která upravuje výpočty metody vodní stopy a propojuje ji s hodnocením dopadů na vodní zdroje. Vážením upravené vodní stopy impaktovým faktorem umožňuje do účetnictví původní vodní stopy zakomponovat dopady na vodní zdroje a díky standardizaci výsledků jsou dopady v jednotlivých zemích porovnatelné mezi sebou.

### 4. 1 Metoda revidovaná vodní stopa

Ridoutt a Pfister (2010) vymysleli variantu k hodnocení dopadů spotřeby vody na vodní zdroje v metodě LCA. Riddoutova a Pfisterova metoda revidované vodní stopy využívá nového Indexu vodního stresu (Pfister a kol. 2009), který je zakomponovaný do charakterizačních faktorů Eco-Indicators-99 pro hodnocení dopadů v metodě LCA. Tento index použili pro novou metodu hodnocení. Vytvořili metodu regionalizovaného hodnocení dopadů s globálním pokrytím, umožňující analýzu vodního stresu pro aplikaci do metody vodní stopy.

Autoři se nejprve zaměřili na koncept vodní stopy, zhodnotili blíže jeho nedostatky týkající se hodnocení dopadů spotřeby vody.

#### **Nedostatky hodnocení dopadů pomocí konceptu vodní stopy:**

- Metoda vodní stopy vyjadřuje pouze objemový výpočet množství vody potřebné k vypěstování komodity nebo výrobu produktu.

- Metoda kombinuje spotřebu zelené a modré vody z oblastí ve vodním stresu a oblastí s dostatkem vody tak, že výsledky nedávají jasnou informaci o tom, kde existuje skutečný potenciál pro poškození.
- A tyto výsledky také nedovolují porovnání vodních stop různých produktů, tím pádem také jakékoliv porovnávání dopadů těchto vodních stop není možné.
- Koncept nezohledňuje rozlišení dodávek vody- přírodní srážkové a umělé závlahové dodávky vody.
- Metoda výpočtu vodní stopy sama o sobě nezahrnuje hodnocení spotřeby vody na vodní zdroje (Ridoutt, Pfister 2010).

Pro hodnocení dopadů autoři porovnali koncept vodní stopy produktu s konceptem uhlíkové stopy produktu.

Uhlíková stopa produktu je množství skleníkových plynů uvolněných do atmosféry během životního cyklu produktu (Wiedmann, Minx 2008). Uhlíková stopa je vyjádřena jako jeden údaj v jednotkách ekvivalentu oxidu uhličitého. Vypočítá se pomocí charakterizačního faktoru popisujícího potenciál globálního oteplování různých skleníkových plynů. V důsledku toho mohou být porovnány uhlíkové stopy různých produktů. Dále způsob normalizace pro různé druhy skleníkových plynů spočívá v použití jednoho globálního charakterizačního faktoru, jelikož emise skleníkových plynů přispívají rovnocenně ke globálnímu oteplování bez ohledu na místo, kde jsou produkovány (Ridoutt, Pfister 2010). Bohužel, tyto atributy se nevztahují na vodní stopu tak, jak byla původně vypočítávána- podle publikace *The water footprint assessment manual* (Hoekstra a kol. 2011).

Autoři vodní stopy sice mimo jiné vyjádřili vodní stopu produktu jako jeden údaj představující globální průměr (například banány 790 litrů/kg<sup>1</sup>, těstoviny 1849 litrů/kg, hovězí maso 15 415 litrů/kg apod.) ale tyto hodnoty neprošly při tvorbě normalizačním procesem WFN (2014). Takové údaje jsou pouze hrubý součet spotřeby jednotlivých druhů vody (modrá, zelená a šedá) z oblastí odlišných z hlediska vodního stresu. Tyto vodní stopy produktů jsou tedy obecně i z hlediska potenciálu negativních dopadů neporovnatelné (Ridoutt, Pfister 2010). Neplatí zde kauzální vztah, kdy vždy nižší vodní stopa produktu působí méně závažné poškození na vodní zdroje. Ale velmi záleží na místě, kde se voda pro produkci odebírá. U vodní stopy je tedy, oproti stopě uhlíkové,

---

<sup>1</sup> Pro malé objemy vodní stopy plodin se používají zejména jednotky l/kg. V práci je dále využíváno zejména jednotek m<sup>3</sup>/t z důvodu markantních objemů vodních stop podle Hoekstra a kol. (2011).

komplikujícím faktorem regionální povaha vodního stresu. Protože tedy u vodní stopy je nezbytný regionalizovaný impaktový faktor, Ridoutt a Pfister (2010) vytvořili charakterizační faktor potřebný ke zhodnocení dopadů, stejný jako využívá uhlíková stopa, ale vysoce regionalizovaný s ohledem na specifickou vodní stopu.

#### **4. 2 Způsob výpočtu revidované vodní stopy**

Klasické účetnictví vodní stopy Ridoutt a Pfister (2010) upravili a zakomponovali do něj charakterizační faktory, které umožňují hodnotit dopady spotřeby vody na vodní zdroje. Úpravy výpočtu vodní stopy spočívají v nezahrnutí, respektive odečtení zelené složky vodní stopy. Ridoutt a Pfister jsou na základě svého výzkumu toho názoru, že spotřeba zelené vody sama o sobě nepřispívá k vodnímu nedostatku a zvyšování vodního stresu. Než se ze zelené vody stane modrá, tak zelená voda nepřispívá do environmentálních toků potřebných pro správnou funkci sladkovodních ekosystémů a ani není dostupná pro lidskou spotřebu. Zelená voda je dostupná pouze prostřednictvím přístupu k půdě a obsazením půdy. Z důvodu neoddělitelnosti zelené vody a půdy autoři navrhuji hodnotit spotřebu zelené vody v souvislosti s dopady využívání půdy.

Jelikož hlavní obavy týkající se spotřeby vody v životním cyklu zemědělsko-potravinářských produktů spočívají v potenciálu způsobit nedostatek vody, a tím omezit dostupnost vody pro lidské použití a životní prostředí, je tedy podle autorů zásadní zabývat se spotřebou modré vody a změnami v dostupnosti modré vody a na základě toho byl vytvořen impaktový faktor v podobě charakterizačního faktoru vodního stresu. Pro získání tohoto faktoru byl použit *Index vodního stresu (IVS)* (Pfister a kol. 2009) Tento index není popsán v obecné části v kapitole *Nedostatek vody a vodní stres- definice a měření*, protože není jako samostatný index běžně uváděn (nebyl ani vytvořen jako samostatný ukazatel, ale vznikl jako ukazatel propojený s metodou hodnocení dopadů).

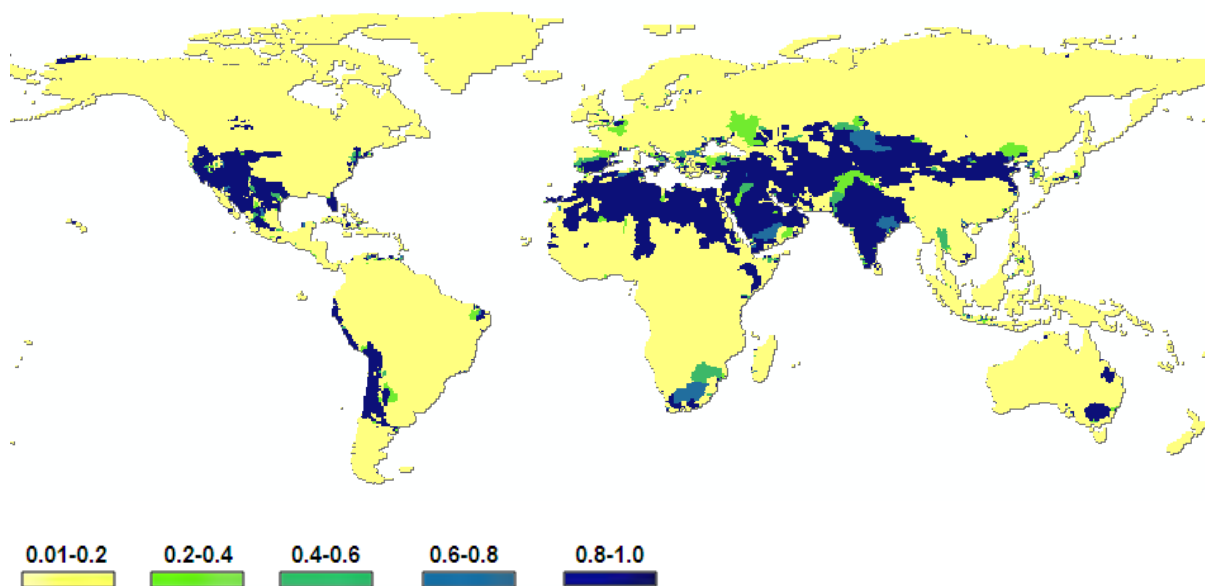
#### **Výpočet Indexu vodního stresu**

Vodní stres v této metodě odpovídá poměru celkového ročního čerpání vody a dostupných vodních zdrojů zohledňující ekosystémové nároky na vodu. Pfister a kol. (2009) vypočítali Index vodního stresu v rozsahu od 0 respektive 0,1 do 1. IVS ukazuje část vody využitou pro spotřebu, která deprivuje ostatní uživatele vody. Pro kalkulaci IVS byl v této metodě využit globální model WaterGAP2 popisující poměr celkového ročního odběru vody a dostupných vodních zdrojů pro více než 10 000 jednotlivých povodí. WaterGAP2 je tvořen

globálními hydrologickými modely a modely globální spotřeby vody. Hydrologická dostupnost vody je roční průměr odvozený z dat z tzv. období normálního klimatu (1961 – 1990). Pfister a kol. (2009) podotýkají, že roční i měsíční variabilita srážek může zvyšovat vodní stres v určitých obdobích, jestliže v oblasti nejsou dostatečné kapacity zadržování vody (přehrady) nebo pokud dochází k vypařování významného množství zadržované vody. Takto zvýšený vodní stres nevykompenzují ani období nízkého stupně vodního stresu. Proto navrhli řešení a představili variační faktor, pomocí nějž vypočítali modifikovaný poměr celkového ročního odběru vody a dostupných vodních zdrojů, který vyděluje povodí se silně regulovanými toky a upravili kalkulaci měsíční a roční variability srážek.

Hodnoty vodního stresu nejsou lineární, proto byl Index vodního stresu převeden na logistickou funkci. Minimální vodní stres v tomto indexu nenabývá nuly ale hodnoty 0.1, protože se předpokládá, že jakákoliv spotřeba vody má alespoň marginální lokální dopad. Křivka je nastavena tak, že hodnota IVS 0.5 odpovídá poměru celkového ročního čerpání vody a dostupných vodních zdrojů 0.4.

Obr. 1: Globální znázornění Indexu vodního stresu



Zdroj: Pfister, Koehler, Hellweg 2009

Poznámka: 0,01-0,2 stupeň velmi nízký vodní stres, 0,2-0,4 nízký vodní stres, 0,4-0,6 středně závažný vodní stres, 0,6-0,8 závažný vodní stres, 0,8-1,0 extrémně závažný vodní stres

Index vodního stresu má prostorové rozlišení 0,5 stupňů, což je mnohem vhodnější pro popis vodního stresu na lokální úrovni povodí než ukazatele, které jsou založeny na

národních statistikách nebo na statistikách na obyvatele. Tato regionalizace má obrovský význam zejména pro prostorově velké země s různorodými hydro-klimatickými podmínkami jako Čína, Indie a USA. Pro popis takto vysoce regionalizovaných dat byl použitý geoprostorový nástroj Google Earth (Pfister a kol. 2009). (obr.1)

### **Výpočet revidované vodní stopy**

Pro vlastní výpočet revidované vodní stopy Ridoutt a Pfister (2010) využili hodnoty vodní stopy produktu (průmyslové výrobky, procesované potraviny nebo primární komodity) specifické pro jednotlivé země či prostorově ještě menší regiony. U této specifické vodní stopy produktu pro danou oblast odečetli zelenou složku vodní stopy a výslednou objemovou vodní stopu (tedy modrou a šedou) vynásobili příslušným charakterizačním faktorem vodního stresu. U průmyslových výrobků a procesovaných potravin je násobena spotřeba vody respektive vodní stopa v každé fázi životního cyklu produktu. Výsledkem je vodní stopa vážená impaktovým faktorem vodního stresu, která explicitně propojuje spotřebu vody a vodní stres v dané oblasti, čímž umožní zhodnotit dopady lokální na vodní zdroje.

### **4. 3 Přednosti metody revidované vodní stopy**

Vysoké prostorové rozlišení oblastí vodního stresu je jednou z největších předností této metody, jelikož regionalizace je klíčová pro podchycení stavu vodních zdrojů a tedy pro správné hodnocení dopadů spotřeby vody na vodní zdroje.

Metoda Revidované vodní stopy umožňuje také, díky standardizaci dat, smysluplné porovnání různých produktů nebo i fází životního cyklu výrobku z hlediska jejich potenciálu přispět k vodnímu stresu. Ridoutt a Pfister (2010) toto demonstrovali v případové studii porovnáním tomatové omáčky Dolmio a arašídových bonbonů M&M's. Kalkulací revidované vodní stopy těchto produktů došli k závěru, že sklenice tomatové omáčky Dolmio o váze 579 gramů má vzhledem k místům produkce potenciál přispět k vodnímu stresu 10 krát vyšší než sáček arašídových bonbonů M&M's s váhou 250 g.

### **4. 4 Porovnání dalších metod hodnocení dopadů s revidovanou vodní stopou**

Jsem si vědoma toho, že metoda revidované vodní stopy není jedinou metodou hodnocení dopadů spotřeby vody pro produkci plodin na vodní zdroje. Ovšem po prostudování

odborné literatury, jsem dospěla k závěru, že metoda revidované vodní stopy je nejvhodnější metodou pro splnění cílů mé diplomové práce, jak dokládám následovně. Porovnávala jsem metody, které pro hodnocení dopadů využívají jako základ údaje vodní stopy, protože z dat o vodní stopě, tedy o velikosti spotřeby vody na pěstování plodin v jednotlivých zemích produkce, vycházím v mém výzkumu.

Následuje přehled dalších metod hodnocení dopadů spotřeby vody pro produkci plodin na vodní zdroje a zdůvodnění nevhodnosti pro potřeby této práce.

Mila i Canals a kol. (2009) navrhli pro hodnocení dopadů na vodní zdroje použít různé typy indexů vodního stresu od těchto autorů: Smakhtin a kol. (2004), Falkenmark a kol. (1989), Raskin a kol. (1997). „Falkenmarkův“ index (1989) se zaměřuje na lidskou spotřebu vody hodnocením podílu celkového ročního odtoku dostupného pro lidské potřeby. Index od Raskina a kol. (1997) je vyjádřen jako podíl celkového ročního odběru vody a dostupných vodních zdrojů. Smakhtin a kol. (2004) v indexu, kde také kvantifikuje množství celkového ročního odběru vody k dostupným vodním zdrojům, navíc uvažuje i nároky ekosystémů na vodu.

Za dopad na vodní zdroje způsobený spotřebou vody je v těchto metodách považován pokles dostupnosti vody pro současné lidské potřeby, stejně jako pokles dostupné vody pro ekosystémy a pokles podzemní vody způsobující vodní deprivaci. V těchto metodách jde především o kvantifikaci množství čerpané vody a posouzení tohoto množství vody pomocí vybraného indexu vodního stresu, aby se ukázala relativní významnost daného množství čerpané vody pro dopad na vodní zdroje (Mila i Canals a kol. 2009).

Metody hodnocení dopadů navržené autory Mila i Canals a kol. zahrnují sice charakteristiku potenciálního nedostatku vody pro lidské potřeby a ekosystémy, ale regionalizace a hodnocení dopadů na vodní zdroje zůstává zpracováno na velmi hrubé úrovni. Nevýhodou těchto metod je tedy nedostatečné propojení indexu vodního stresu a dopadů na vodní zdroje.

Oproti tomu metoda revidované vodní stopy od Ridoutta a Pfistera (2010) explicitně vyjadřuje kauzální vztah mezi spotřebou vody a environmentálními dopady na vodní zdroje. Index vodního stresu použitý v metodě revidované vodní stopy (Pfister a kol. 2009) je více propracovaný, má odstraněné určité nedostatky, které sužovaly ostatní zmíněné indexy, a nesrovnatelně více regionalizovaný.

Známou a používanou metodou k hodnocení environmentálních dopadů je metoda *Life Cycle Assessment* (Hodnocení dopadů životního cyklu) nebo zkráceně LCA. Pfister a kol. (2009) popisuje LCA jako „metodu hodnotící environmentální dopady související s produktem, procesem nebo službou identifikováním a kvantifikováním spotřeby energie a zdrojů stejně jako emisí a odpadů uvolňovaných do prostředí. Hodnocení zahrnuje celý životní cyklus produktu, procesu nebo služby, začínající těžbu a zpracování surovin, výrobu, dopravu a distribuci, použití, opětovné využití, údržbu, recyklaci a konečné zničení; nazýváno od kolébky do hrobu.“

Vzhledem k povaze LCA, metodologie je poměrně dobře využitelná k hodnocení environmentálních dopadů spotřeby vody. Hodnotí potenciální environmentální poškození tří oblastí způsobené spotřebou vody. Těmito třemi oblastmi poškození jsou: lidské zdraví, ekosystémová kvalita a zdroje. Pro posuzování poškození je nejčastěji využíván komplexní hodnotící indikátor zvaný Eco-Indicator-99 (Pfister a kol. 2009).

#### *Poškození lidského zdraví*

Co se týče lidského zdraví, jsou identifikovány dva dopady související se spotřebou vody: šíření nakažlivých nemocí jako výsledek nedostatku vody na pití a hygienu a podvýživa jako následek nedostatku vody pro zavlažování. Oba dopady jsou relevantní především v rozvojových zemích. Modelování kauzálního vztahu je založeno na hydrologických a socioekonomických datech. Metoda LCA se soustředí hlavně na dopady vodní deprivace na produkci potravin, jelikož konkurence v oblastech vodního stresu v konečném důsledku postihuje zavlažování. V LCA je obtížné hodnotit poškození způsobené nedostatkem vody pro hygienu, jež závisí na místních okolnostech, např. vzdálenost obyvatel od nejbližší studně. Proto se dopadem šíření nakažlivých nemocí LCA zabývá jen okrajově (Pfister a kol. 2009).

#### *Poškození ekosystémové kvality*

V místech, kde je růst rostlin omezen nedostatkem vody, čerpání modré vody může omezit dostupnost zelené vody a tedy redukovat vegetaci a rostlinou diverzitu. Dopady spotřeby vody na ekosystémovou kvalitu jsou ztráty suchozemských a vodních druhů. Dopady na ekosystémovou kvalitu se vyjadřují na jednotku potenciálně zmizelého podílu rostlinných nebo živočišných druhů a výsledné hodnoty vymezují zranitelnost ekosystému při nedostatku vody (Pfister a kol. 2009).

### *Poškození zdrojů*

Poškození vodních zdrojů může spočívat ve vyčerpání zdrojů sladké vody způsobené čerpáním fosilní vody nebo nadměrné využívání vodních těles (příklad Aralského jezera). K odhadu poškození zdrojů je využíván princip záložní technologie, podle něhož se kalkuluje nezbytné množství energie potřebné k obnovení kvality vody v budoucnosti. Jako záložní technologie ke kompenzaci úbytku vodních zdrojů je navrhováno odsolování mořské vody. Nepředpokládá se však, že by skutečně veškeré množství vyčerpané sladké vody mohlo být odsoleno z vody slané. Koncept slouží spíše jako teoretický indikátor, který převádí spotřebu vody do podoby porovnatelné s jinými typy zdrojů (Pfister a kol. 2009).

Z uvedených třech oblastí hodnocení koncových dopadů v analýze LCA, by pro cíl předkládané práce byla teoreticky využitelná poslední uvedená oblast, tedy hodnocení poškození zdrojů. Úkolem analýzy poškození zdrojů je zhodnotit dopad na vodní zdroje spočívající v nadměrném využívání vodních těles nebo vyčerpání zdrojů vody kvůli odebírání fosilní vody. Metoda dosažení výsledků by však nebyla pro mou práci vhodná. Tento přístup totiž využívá konceptu záložní technologie, jež vyjadřuje míru poškození zdrojů jako množství energie v megajoulech potřebné k obnově vodních zdrojů. Navíc podle Kounina a kol. (2012) je metoda hodnotící poškození zdrojů nejslabší z metod hodnotících oblasti poškození v LCA a nedostatečně dopracovaná vzhledem k náročnosti získání dat o úbytku podzemní fosilní vody a zejména hodnocení jeho dopadu (Pfister a kol. 2009).



## 5. Výběr plodin pro výpočet vodní stopy a hodnocení dopadů

Pro analyzování dovozů, výpočet vodní stopy dovezených potravin, zhodnocení a porovnání dopadů spotřeby na vodní zdroje v místě produkce jsem se rozhodla vybrat neprocesované primární potraviny- zemědělské plodiny určené pro lidskou spotřebu. Vedly mě k tomu dva důvody:

- U procesovaných potravin skládajících se z více primárních potravin by bylo velmi obtížné určit země původu primárních zemědělských komodit.
- Pro mnoho, ne-li většinu zemědělsko-potravinářských produktů, se objevuje největší objem vodní stopy, tedy největší spotřeba vody, v zemědělské fázi produkčního cyklu (fáze produkce: zemědělská fáze, zpracování zemědělských plodin, výroba potravin, balení). Ridoutt a Pfister (2010) uvádějí, že vodní stopa v zemědělské fázi je velmi významná, u některých potravin dosahuje až 97% z celkové vodní stopy potraviny.

### 5.1 Kritéria pro výběr vhodných plodin

Pro výběr konkrétních plodin dovážených do Česka byla stanovena následující kritéria:

- Objem dovozu zemědělské komodity do Česka
- Diverzifikovanost objemu dovozu z exportujících zemí (dovoz diverzifikovaný alespoň z 5 zemí)
- Velikost vodní stopy dovážené komodity
- Diverzifikovanost stupně vodního stresu exportujících zemí

Při výběru jsem hledala průnik zvolených kritérií, který může vyústit ve tři možné varianty:

- Ideálně plodina s velkou vodní stopou, která se ve významných objemech dováží do Česka z více než 5 zemí a zároveň ze zemí v různém stupni vodního stresu.
- Dále plodina s velkou vodní stopou ale méně významným objemem dovozu do Česka z více než 5 zemí a zároveň ze zemí v různém stupni vodního stresu.
- Nebo plodina s malou vodní stopou ale významným objemem dovozu do Česka z více než 5 zemí a zároveň ze zemí v různém stupni vodního stresu.

## 5. 2 Postup výběru plodin

### 1) Analýza dovozu zemědělských plodin do Česka

K zhodnocení dovozu plodin jsem využila *Databázi zahraničního obchodu* volně přístupnou na internetových stránkách Českého statistického úřadu (ČSÚ 2012). Tato aplikace umožňuje vygenerovat dovoz konkrétních produktů nebo agregovaných skupin produktů za určité časové období z jednotlivých zemí či agregovaných skupin zemí. Obrovskou výhodou databáze je uváděná hmotnost dovážených produktů vedle obvykle uváděné statistické hodnoty dovozu. Pro výpočet vodní stopy je totiž nezbytné mít údaje o dovozech v jednotkách hmotnosti. V případě absence hmotnosti by převádění ze statistických hodnot na hmotnost bylo složité a nepřesné. Pomocí aplikace jsem vygenerovala objem dovozu všech druhů zeleniny, ovoce, obilnin, semen, ořechů, koření a rostlinných olejů dovezených do Česka za kalendářní rok 2011 a analyzovala objemy a diverzifikovanost těchto dovozů. Ještě před posuzováním vodní stopy jednotlivých plodin a stavu vodního stresu v daných exportujících zemích jsem tedy vyřadila plodiny, u kterých byly objemy dovozů z jednotlivých zemí velmi nerovnoměrné (např. čochka- 85 % dovoz z Kanady, zázvor- 80% dovoz z Číny atd.)

### 2) Posouzení velikosti vodní stopy dovážených plodin

Objemy dovozů plodin do Česka jsem konfrontovala s velikostí vodní stopy jednotlivých plodin. Pro tuto část výzkumu jsem použila zjednodušené globální průměrné vodní stopy primárních plodin z publikace *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products* od Mekonnen a Hoekstra (2010). Jako hranice mezi velkou a malou vodní stopou byla určena hodnota 1 000 l/m<sup>3</sup>.

### 3) Posouzení stavu vodního stresu v exportujících zemích

Abych posoudila stav vodního stresu v exportujících zemích, využila jsem *Index vodního stresu* (Pfister a kol. 2009) mapující stav vodního stresu ve všech zemích světa. Pro výzkum je vhodné, aby byla vybrána plodina dovážená ze zemí s nízkým stupněm vodního stresu a ze zemí trpících vodním stresem (alespoň dvou kategorií- středně závažný a závažný vodní stres). Zvoleným pravidlem jsem se řídila a v tomto kroku byly tedy vyřazeny plodiny, jež se do Česka dováží převážně ze zemí s nízkým vodním stresem (například švestky a trnky, banány, kukuřice).

### 5. 3 Výsledky výběru

Nalézt ideální příklad, tedy plodinu s velkou vodní stopou, která se ve významných objemech dováží do Česka z více než 5 zemí a zároveň ze zemí v různém stupni vodního stresu, se bohužel nepodařilo. Ovšem naplnit další dvě varianty průniku zvolených kritérií se podařilo. Jako plodinu s velkou vodní stopou ale méně významným objemem dovozu z více než 5 zemí a zároveň ze zemí v různém stupni vodního stresu bylo vybráno avokádo (tab. 1).

Tab. 1: Avokádo- globálně průměrná vodní stopa a objem dovozu do Česka v roce 2011

Globálně průměrná vodní stopa avokáda (m <sup>3</sup> /t)	Objem dovozu avokáda do Česka (kg)
1 981	611 639

Zdroj: ČSÚ 2012, Mekonnen, Hoekstra 2010

Druhou zvolenou plodinou jsou rajčata, jež odpovídají plodině s malou vodní stopou ale významným objemem dovozu z více než 5 zemí a zároveň ze zemí v různém stupni vodního stresu (tab. 2).

Tab. 2: Rajčata- globálně průměrná vodní stopa a objem dovozu do Česka v roce 2011

Globálně průměrná vodní stopa rajčat (m <sup>3</sup> /t)	Objem dovozu avokáda do Česka (kg)
214	97 832 000

Zdroj: ČSÚ 2012, Mekonnen, Hoekstra 2010

Tyto plodiny nejvíce odpovídají zvoleným kritériím, jsou tedy nejvhodnější pro následný výpočet a hodnocení.

### 5. 4 Dovoz avokáda

Pomocí aplikace *Databáze zahraničního obchodu* jsem vygenerovala dovoz plodiny avokádo do Česka za období od 1. 1. 2011 do 31. 12. 2011. Přesný název plodiny ve statistické databázi dovozu ČSÚ zní *Avokádo, čerstvé nebo sušené* a náleží mu kód zboží 08044000. Dovoz je uváděn ve hodnotách Kč a v jednotkách hmotnosti (kg). Pro výpočet byly využity pouze jednotky hmotnosti. Tabulka 3 obsahuje významné dovozy avokáda

podle zemí původu. Významný dovoz jsem určila jako dovoz v množství více jak 22 000 kg. Tato hranice byla zvolena na základě propasti mezi dovozem 22 465 kg a následující nižší hodnotou dovozu 5 188 kg. Nezahrnuté dovozy jsou zanedbatelnou částí celkového importu avokáda. Vybrané importy tvoří zhruba 97 % celkového importu. Dalším možným způsobem, jak vybrat významné dovozy, je odečtení nejnižších 5 % od celkového dovozu. To se ovšem pro zvolený výzkum nehodí, protože by hranice procházela hodnotou dovozu z jedné země, tento dovoz by byl tedy useknutý. Pro obě plodiny jsem proto zvolila prvně popsany způsob výběru významných dovozců.

Jak jsem již zmínila, v tabulce jsou dovozy uváděny avokáda podle zemí původu. Zde nastává problém, protože ne všechny uvedené země, které dovážejí avokádo do Česka, jsou zároveň země původu. V některých případech státy avokádo pouze reexportují, tzn. opětovně vyvezou dovezené zboží. ČSÚ o zemi původu sice uvádí následující: „*Statistika zahraničního obchodu se zpracovává v souladu s mezinárodní metodikou podle země původu. Je to země, ve které zboží bylo vyrobeno, vytěženo nebo zpracováno. V případě postupného zpracování v různých zemích se zemí původu rozumí země, ve které získalo svoji konečnou podobu. Balení, znovu zabalení, smíchání zboží atd. neznamená zušlechtění, a proto nemá vliv na původ zboží.*“ (metodika ČSÚ 2012) I přesto se však ve výsledcích mohou objevovat chyby. V případě avokáda je to reexport z Nizozemska, jak vysvětlují následovně.

Tab. 3: Dovoz avokáda do Česka v roce 2011

Název země	Dovoz v kg
Jihoafrická republika	166 761
Izrael	121 332
Španělsko	104 789
Peru	68 542
Keňa	59 368
Chile	51 981
Nizozemsko	22 465

Zdroj: ČSÚ 2012

## 5. 5 Identifikace a řešení problému reexportů

Rozklíčování problému reexportu a zjištění země původu zboží je poměrně nesnadný úkol. Práci však ulehčuje fakt, že se zabývá primárními plodinami a ne procesovanými potravinami, kde je dohledání země původu velmi složité. Pro řešení problému s reexporty

byla využita databáze FAOSTAT poskytující statistická data týkající zemědělských komodit z cca 200 zemí světa (FAOSTAT 2014). V databázi bylo ověřeno, zda se ve všech zemích, jež dovážejí avokádo do Česka, tato plodina pěstuje. Negativní výsledek se objevil pouze u Nizozemska, jedná se tedy o reexport. Že Nizozemsko avokádo nepěstuje, ale reexportuje, se také potvrdilo ze zprávy nizozemského Ministerstva zahraničních věcí. (MFAN 2011)

Ovšem pouze ověření, zda se v dané zemi daná plodina pěstuje, neprozradí nic o tom, jestli země exportuje plodinu vypěstovanou na svém území, nebo zda vypěstuje jen malé množství a exportuje převážně to, co se dovezlo z jiných zemí (reexport). Z tohoto důvodu jsem navíc z databáze FAOSTAT vygenerovala celkový objem produkce, exportu a importu avokáda všech sedmi zemí pro rok 2011 a tyto tři hodnoty u každé země mezi sebou porovnála. U všech zemí kromě Nizozemska se potvrdilo, že sice avokádo dovážejí, ale poměr dovozu je oproti objemu produkce tak nízký, že lze s jistotou tvrdit, že země vyvážejí avokádo vypěstované na svém území. Jako příklad uvádím v tabulce 4 Jihoafrickou republiku.

Tab. 4: Kontrola reexportu- příklad Jihoafrické republiky v roce 2011

Název země	export (t)	import (t)	produkce (t)
Jihoafrická republika	30 285	2 156	75 748

Zdroj: FAOSTAT 2014

### Řešení problému reexportů

Jelikož objem dovozu z Nizozemska 22 465 kg je významná položka a nelze ji zanedbat, přistoupila jsem k následujícímu řešení (tab. 5):

- V databázi FAOSTAT jsem vyhledala import avokáda do Nizozemska podle zemí pro rok 2011 a zjistila jsem, že nejvýznamnějšími dovozci do Nizozemska, které dovážejí avokádo i do Česka.
- Dále jsem objem reexportu avokáda z Nizozemska do Česka rozdělila mezi šest významných dovozců avokáda do Česka proporcionálně podle procent dovozu avokáda z těchto zemí do Nizozemska. Jinými slovy jsem vypočítala, kolik procent z celkového dovozu avokáda do Nizozemska tvoří jednotlivé importy z těchto šesti zemí do Nizozemska a pak jsem rozdělila (přičetla) hodnotu 22 465 šesti významným zemím dovážejícím avokádo do Česka podle jejich procent. Například z Peru se do Nizozemska dováží 23,41 % celkového dovozu avokáda do Nizozemska, proto

z hodnoty 22 465 (reexport z Nizozemska do Česka) se připočítá 23,41 % k dovozu avokáda z Peru do Česka.

- Dovoz avokáda do Nizozemska z těchto šesti zemí tvoří 80 % z celkového dovozu avokáda do Nizozemska, zbylých 20 % připadá na reexport. To je v přepočtu necelé 1 % dovozu avokáda do Česka. Tuto hodnotu bych teoreticky rozdělila podle stejného klíče a:
  - Buď přičetla dalším dovozcům avokáda do Česka, ovšem já tyto dovozce neuvažuji vzhledem k jejich zanedbatelným položkám dovozu a přičtení části z reexportu by položky stejně významně nezvýšilo, nebudu je tedy uvažovat ani nadále.
  - Nebo v případě zemí, jež avokádo přímo do Česka nedováží ale do Nizozemska ano a tím dovoz z těchto zemí spadá do reexportu (Zimbabwe, Kolumbie) a tyto země bych teoreticky nově zařadila k zemím avokádo do Česka dovážejícím, ale opět přepočítané hodnoty dovozu by byly zanedbatelné, proto ani dovozy z těchto zemí do své analýzy zahrnovat nebudu.
  - Z výše uvedených důvodů tuto jednoprocentní hodnotu dovozu avokáda do Česka zanedbávám, vybrané importy tedy tvoří 96 %, přesněji 96, 24 %.

Tab. 5: Úprava dovozu avokáda do Česka v roce 2011 o reexport z Nizozemska

Název země	Dovoz bez úprav (kg)	Hodnoty očištěné o reexport do Česka (kg)
Jihoafrická republika	166 761	170 501
Izrael	121 332	123 668
Španělsko	104 789	106 907
Peru	68 542	73 801
Keňa	59 368	60 536
Chile	51 981	55 301

Zdroj: ČSÚ 2012, FAOSTAT 2014, vlastní výpočty

### Reexport z Česka

Dovoz avokáda do Česka bylo dále nezbytné očistit o hodnoty dalšího reexportu-tentokrát reexportu z Česka do dalších zemí (tab. 6). Kdybych tento opětovný vývoz dovezeného avokáda neodečetla, následné výpočty externí vodní stopy spotřeby avokáda v Česku by byly chybné. Pro úpravu hodnot jsem využila stejný princip jako u reexportu avokáda z Nizozemska do Česka s tím rozdílem, že zde jsem hodnoty rozpočítaného

reexportu odečítala od hodnot dovozu do Česka. Tedy rozdělila jsem objem reexportu avokáda z Česka mezi šest významných dovozců avokáda do Česka proporcionálně podle procent dovozu avokáda z těchto zemí do Česka. Ovšem kromě odečítání hodnot zde byl ještě jeden rozdíl spočívající v rozdělení celé hodnoty reexportu mezi významné dovozce avokáda do Česka, nejen 80 % hodnoty reexportu.

Tab. 6: Výsledné hodnoty dovozu avokáda do Česka v roce 2011

Název země	Výsledné hodnoty- očištěné o reexport do Česka i následně z Česka (kg)
Jihoafrická republika	149 842
Izrael	110 879
Španělsko	95 102
Peru	45 273
Keňa	53 650
Chile	37 594

Zdroj: ČSÚ 2012, FAOSTAT 2014, vlastní výpočty

## 5. 6 Dovoz rajčat

Pro zjištění dat o dovozu rajčat jsem stejně jako u avokáda využila *Databázi zahraničního obchodu* ČSÚ (tab. 7). Podle kódu 07020000 a přesného názvu *Rajčata, čerstvá nebo chlazená* jsem získala objemy a země původu dovozu rajčat do Česka za období od 1. 1. 2011 do 31. 12. 2011. U dovozu rajčat jsem také vybrala významné dovozce a nezahrnovala do analýzy všechny dovozce, protože z některých zemí se dováží oproti hlavním dovozcům zanedbatelný objem rajčat. Jako významný dovoz jsem v případě rajčat zvolila dovoz o objemu větším než 1 300 000 kg, opět kvůli propasti mezi po sobě následujícími hodnotami dovozu 1 382 937 kg a 706 533 kg při seřazení od nejvyšší hodnoty po nejnižší. Z takto nevýznamných dovozů jsem ovšem rozhodla jeden dovoz do své analýzy začlenit a to dovoz z Izraele, jelikož se tato země nachází v nejvyšším stupni vodního stresu a předpokládám tedy, že vodní stopa tohoto dovozu bude velmi vysoká i přes nízký objem dovozu vzhledem k objemům dovozu u významných importérů do Česka. Vybrané dovozy tvoří 98 % celkového dovozu rajčat, nezahrnuté dovozy jsou tedy opravdu zanedbatelné.

Tab. 7: Dovoz rajčat do Česka v roce 2011

Název země	Dovoz v kg
Nizozemsko	31 773 693
Španělsko	28 308 640
Maroko	13 058 295
Polsko	6 320 876
Belgie	5 689 687
Německo	5 398 873
Francie	2 324 735
Itálie	2 281 425
Slovensko	1 468 335
Turecko	1 382 937
Izrael	418 864

Zdroj: ČSÚ 2012

## 5. 7 Identifikace a řešení problémů reexportů

Podle databáze FAOSTAT jsem nejprve ověřila, že se rajčata pěstují ve všech jedenácti zemích a dále provedla porovnání objemu produkce, importu a exportu rajčat pro jednotlivé země v roce 2011 (tab. 8). Osm zemí s jistotou vyváží rajčata vypěstovaná na svém území, protože objem dovozu rajčat do těchto zemí je oproti objemu produkce velmi nízký. U Německa a Slovenska je objem importu do země devět krát a čtyři krát vyšší než vlastní produkce. Ovšem objem produkce je u Německa čtyřikrát a u Slovenska třikrát vyšší než objem exportu ze zemí. Francie má objem produkce nepatrně vyšší než objem importu a objem exportu o polovinu nižší než objem produkce. V těchto třech případech nemohu s jistotou tvrdit, že země vyvezou do Česka rajčata ze své produkce. Zvážila jsem použít podobné řešení pro očištění hodnot o reexporty jako u dovozu avokáda z Nizozemska do Česka. Kdybych rozdělila celkový export každé z těchto tří zemí na dvě části proporcionálně podle poměru importu a produkce, pak by ta jedna část exportu představovala reexport. Pak bych tento reexport teoreticky rozpočítala jako v případě reexportu avokáda z Nizozemska do Česka. Ale v případě rajčat by rozpočítávání bylo nesmírně složité, jelikož tyto tři země si dovážejí rajčata i navzájem, vzniká zde tedy složitý řetězec reexportů. Proto jsem se rozhodla pro zjednodušené řešení spočívající v úvaze, že jelikož je celkový objem produkce u všech tří zemí vyšší než celkový objem exportu, budu tedy předpokládat, že tyto země vyvezly do Česka svoji produkci rajčat.



Tab. 8: Porovnání produkce, exportu a importu rajčat u vybraných zemí v roce 2011

Název země	Export (t)	Import (t)	Produkce (t)
Francie	214 414	519 052	597 471
Německo	20 963	706 671	76 718
Slovensko	2 620	29 323	6 580

Zdroj: FAOSTAT 2014

V Česku jsou rajčata plodinou běžně pěstovanou, ovšem dovoz ze zahraničí v roce 2011 šestkrát převyšoval domácí produkci (tab. 9).

Tab. 9: Objem produkce, exportu a importu rajčat pro Česko v roce 2011

Název země	Export (t)	Import (t)	Produkce (t)
Česko	12 895	97 832	15 518

Zdroj: FAOSTAT 2014

Protože Česko rajčata také vyváží, je otázkou zda vyváží svojí produkci či reexportuje rajčata vyprodukovaná v jiných zemích. To bohužel z dostupných zdrojů nelze zjistit, proto jsem zvolila jiné řešení- rozdělení exportu proporcionálně podle objemu importu do Česka a produkce v Česku (tab. 10). Objem exportu rajčat z Česka za rok 2011 jsem rozdělila na dvě části podle poměru importu a produkce. Část odpovídající importu představuje reexport a část odpovídající produkci představuje export vlastní produkce (tab. 11).

Tab. 10: Poměr dovozu a produkce rajčat pro Česko v roce 2011

Součet importu a produkce	Import (t)	Produkce (t)
113 350	97 832	15 518
100%	86%	14%

Zdroj: ČSÚ 2012, FAOSTAT 2014, vlastní výpočty

Tab. 11: Rozpočítaný celkový export rajčat z Česka v roce 2011

Celkově vyvezené množství rajčat z Česka	Reexport (t)	Export vlastní produkce (t)
12 895	11 090	1 805

Zdroj: ČSÚ 2012, FAOSTAT 2014, vlastní výpočty

Dále jsem reexport rozpočítala mezi významné dovozce rajčat do Česka a odečetla od hodnot jejich dovozu do Česka stejným způsobem jako u reexportu avokáda z Česka. Tedy

objem reexportu byl rozdělen mezi významné dovozce rajčat do Česka proporcionálně podle procent jejich dovozu do Česka.

V identifikaci reexportů rajčat ve směru obchodu do Česka jsem se z uvedeného důvodu rozhodla považovat dovoz rajčat z Německa, Slovenska a Francie za vývoz vlastní produkce těchto tří zemí, nikoliv za reexport. Protože jsem tedy uvažovala, že tyto země vyvezly vlastní produkci, mohla jsem nyní rozpočítat reexport z Česka i těmito zeměmi.

Výsledné hodnoty dovozu rajčat do Česka očištěné o reexport rajčat z Česka do dalších zemí uvádím v tabulce 12.

Tab. 12: Výsledné hodnoty dovozu rajčat do Česka v roce 2011

Název země	Dovoz bez úprav (kg)	Hodnoty očištěné o reexport z Česka (kg)
Nizozemsko	31 773 693	28 224 893
Španělsko	28 308 640	25 092 540
Maroko	13 058 295	11 616 595
Polsko	6 320 876	5 655 476
Belgie	5 689 687	5 024 287
Německo	5 398 873	4 733 473
Francie	2 324 735	2 102 935
Itálie	2 281 425	2 059 625
Slovensko	1 468 335	1 246 535
Turecko	1 382 937	1 161 137
Izrael	418 864	418 864

Zdroj: ČSÚ 2012, vlastní výpočty

## 5. 8 Posouzení vybraných plodin podle kritérií diverzifikace

Posledními dvěma kritérii pro výběr plodin jsou:

- Diverzifikovanost objemu dovozu z exportujících zemí (dovoz diverzifikovaný alespoň z 5 zemí)
- Diverzifikovanost stupně vodního stresu exportujících zemí

V tabulce 13 uvádím země dovážející avokádo a rajčata do Česka a Index vodního stresu těchto zemí. Z tabulky jasně vyplývá, že obě kritéria byla splněna. Tedy obě plodiny se dovážejí z více než pěti zemí a tyto země se nacházejí v různých stupních vodního stresu, jsou proto vhodnými kandidáty pro výpočet vodní stopy a hodnocení dopadů.

Tab. 13: Země dovozu avokáda a rajčat do Česka v roce 2011 a Index vodního stresu

Země dovozu avokáda do Česka	Index vodního stresu
Jihoafrická republika	0,686500
Izrael	0,995938
Španělsko	0,714692
Peru	0,715885
Keňa	0,020842
Chile	0,736193

Země dovozu rajčat do Česka	Index vodního stresu
Nizozemsko	0,305629
Španělsko	0,714692
Maroko	0,844293
Polsko	0,069955
Belgie	0,715014
Německo	0,120113
Francie	0,180966
Itálie	0,272602
Slovensko	0,093024
Turecko	0,778599
Izrael	0,995938

Zdroj: ČSÚ 2012, Pfister, Koehler, Hellweg 2009

## **6. Vodní stopa národní spotřeby vybraných plodin**

Jak bylo popsáno u konceptu vodní stopy v teoretické části, vodní stopu lze posuzovat pro různé objekty, subjekty a oblasti, záleží na zaměření zájmu hodnotitele. Zvolila jsem analýzu vodní stopy z geografické perspektivy, a to vodní stopu národní spotřeby dvou konkrétních zemědělských plodin s důrazem na část externí vodní stopy. Vodní stopu národní spotřeby daných plodin tvoří v případě avokáda výhradně externí vodní stopa, v případě rajčat se skládá zejména z externí vodní stopy a interní vodní stopa přispívá do celkové VS pouze malým dílem.

V kapitole č. 5 byly podle daných kritérií vybrány nejvhodnější plodiny dovážené do Česka pro výpočet vodní stopy a porovnání dopadů spotřeby těchto plodin na vodní zdroje v exportujících zemích. Pro vybrané plodiny -avokádo a rajčata- jsem zjistila objemy dovozů a hodnoty dovozů očistila o nežádoucí hodnoty reexportů jak ve směru obchodu do Česka, tak z Česka do dalších zemí a zajistila tak data potřebná pro výpočty vodní stopy.

V této kapitole zjistím nároky daných plodin na vodu v exportujících zemích, porovnáím velikosti složek modré, zelené a šedé vody a vypočítám externí vodní stopu Česka pro spotřebu daných dovezených plodin. Pro rajčata, která se nejen dovážejí, ale také pěstují v Česku (i když produkce tvoří velmi malé množství oproti dovozu), vypočítám ještě interní vodní stopu. K vyhledání nároků plodin na vodu jsem použila report z roku 2010 od Mekonnen a Hoekstry. Zde jsem konkrétně vyhledala vodní stopy na tunu produkce avokáda a rajčat na národní úrovni pro dané země dovážející plodiny do Česka. Ve výpočtu vodní stopy dovezeného objemu plodin pěstovaných v jiných zemích jsem podle Hoekstry a kol. (2011) nepočítala vodní stopu dopravy, protože není významným spotřebitelem vody.

Jelikož jsem hodnoty dovozu plodin očistila o reexporty, výsledný celý objem dovozu obou plodin zůstává na území Česka, předpokládám tedy, že je také celý objem v Česku spotřebován. Proto dále v práci považuji dovezený objem plodin jako spotřebovaný objem plodin.

### **6.1 Výpočet externí vodní stopy Česka pro spotřebu avokáda**

Očištěné hodnoty dovozu avokáda v roce 2011 vyjádřené v tunách jsem násobila příslušnou vodní stopou avokáda na tunu produkce a získala tak vodní stopy dovezeného avokáda v jednotlivých exportujících zemích (tab. 14).

Tab. 14: Výpočet vodní stopy spotřeby dovezeného avokáda do Česka v roce 2011

Název země	Dovoz v kg	Dovoz v t	Celková VS na t	VS spotřeby dovezeného avokáda (m³/t)
Jihoafrická republika	149 842	150	1 864	279 306
Izrael	110 879	111	999	110 768
Španělsko	95 102	95	926	88 065
Peru	45 273	45	1 046	47 356
Keňa	53 650	54	562	30 151
Chile	37 594	38	1 818	68 346

Zdroj: ČSÚ 2012, Mekonnen, Hoekstra 2010, vlastní výpočty

Součtem hodnot vodních stop dovozu avokáda z jednotlivých zemí získám externí vodní stopu avokáda spotřebovaného v Česku, která činí 623 993 m³/t.

## 6. 2 Výpočet externí vodní stopy Česka pro spotřebu rajčat

Stejným postupem jako u avokáda jsem násobila upravené objemy dovozu rajčat v roce 2011 příslušnými vodními stopami na tunu produkce (tab.15).

Tab. 15: Výpočet vodní stopy spotřeby dovezených rajčat do Česka v roce 2011

Název země	Dovoz v kg	Dovoz v t	Celková VS na t	VS spotřeby dovezených rajčat (m³/t)
Nizozemsko	28 224 893	28 225	9	254 024
Španělsko	25 092 540	25 093	83	2 082 681
Maroko	11 616 595	11 617	107	1 242 976
Polsko	5 655 476	5 655	173	978 397
Belgie	5 024 287	5 024	14	70 340
Německo	4 733 473	4 733	35	165 672
Francie	2 102 935	2 103	48	100 941
Itálie	2 059 625	2 060	109	224 499
Slovensko	1 246 535	1 247	263	327 839
Turecko	1 161 137	1 161	137	159 076
Izrael	418 864	419	84	35 185

Zdroj: ČSÚ 2012, Mekonnen, Hoekstra 2010, vlastní výpočty

Externí vodní stopa rajčat spotřebovaných v Česku má velikost 5 641 628 m³/t.

## 6. 4 Výpočet interní vodní stopy Česka pro spotřebu rajčat

Po očištění hodnot produkce o část vyvezenou do zahraničí, objem rajčat vypěstovaných a zároveň spotřebovaných v Česku v roce 2011 činil 13 713 tun. Vodní stopa na tunu produkce rajčat v Česku je 235 m<sup>3</sup>/t. Celkovou VS na tunu tvoří 28 m<sup>3</sup>/t modrá vodní stopa, 205 m<sup>3</sup>/t zelená vodní stopa a 2 m<sup>3</sup>/t šedá vodní stopa. Vynásobením objemu dovozu celkovou vodní stopou na tunu produkce dostávám interní vodní stopu Česka pro spotřebu rajčat, která činí 3 555 222 m<sup>3</sup>/t.

## 6. 5 Rozbor tří složek vodní stopy na tunu produkce

Tab. 16: Vodní stopa produkce avokáda na tunu a její tři složky (m<sup>3</sup>/t)

Název země	Celková VS na tunu	Zelená VS	Modrá VS	Šedá VS
Jihoafrická republika	1864	996	759	109
Izrael	999	231	698	70
Španělsko	926	579	204	143
Peru	1046	624	341	81
Keňa	562	544	8	10
Chile	1818	807	808	203

Zdroj: Mekonnen, Hoekstra 2010

Tab. 17: Vodní stopa produkce rajčat na tunu a její tři složky (m<sup>3</sup>/t)

Název země	Celková VS na tunu	Zelená VS	Modrá VS	Šedá VS
Nizozemsko	9	7	0	2
Španělsko	83	35	23	25
Maroko	107	44	51	12
Polsko	173	170	3	0
Belgie	14	11	0	3
Německo	35	22	5	8
Francie	48	29	11	8
Itálie	109	65	31	13
Slovensko	263	174	75	14
Turecko	137	60	56	21
Izrael	84	25	26	33

Zdroj: Mekonnen, Hoekstra 2010

Podle tabulek 16 a 17 jsou vidět rozdíly ve velikosti vodní stopy tuny produkce v jednotlivých zemích jak u avokáda, tak i u rajčat. Velikost vodní stopy se odvíjí od hydro-klimatických a půdních podmínek oblasti, míry použití dusíkatých hnojiv,

požadavků plodiny na množství vody, skutečného využití vody plodinou a výnosů z produkce (Mekonnen, Hoekstra 2010). Tento model výpočtu postihuje objem veškeré vody potřebné pro vypěstování plodiny, ať se jedná o vodu srážkovou, vodu z vodních těles či vodu potřebnou pro rozředění vody znečištěné. Tyto informace jsou velmi cenné pro management vodních zdrojů. Ovšem pro hodnocení dopadů na vodní zdroje je výpočet objemové vodní stopy nedostatečný. Zelená, modrá a šedá vodní stopa přispívají k celkové vodní stopě různým podílem, což jsou zásadní informace, které koncept vodní stopy nijak dál nezohledňuje. Každá z těchto složek celkové vodní stopy má jiný vliv na dopady na vodní zdroje. Podle Ridoutta a Pfistera (2010) spotřeba zelené vody sama o sobě nepřispívá k vodnímu nedostatku, tedy nemá přímé dopady na vodní zdroje. Naopak spotřeba modré vody je pro dopady na vodní zdroje zásadní. U avokáda velikost zelené vodní stopy ve čtyřech ze šesti zemí výrazně převyšuje velikost modré a šedé vodní stopy. U rajčat je situace obdobná- zelená VS také ve většině zemí významně převyšuje modrou a šedou VS a platí to i u VS rajčat pěstovaných v Česku. Zelená vodní stopa tedy tvoří největší podíl celkové vodní stopy a tím zkresluje informace o velikosti tlaku na vodní zdroje. Navíc v závislosti na způsobu zavlažování je obecně u většiny plodin světový průměr modré a zelené vodní stopy na tunu plodin nižší u uměle zavlažovaných plodin než u plodin zavlažovaných srážkami, a to protože jsou v průměru výnosy z produkce uměle zavlažovaných plodin vyšší než výnosy z produkce plodin zavlažovaných srážkami (Mekonnen, Hoekstra 2010). To znamená, že plodina zavlažovaná uměle (tedy modrou vodou) může mít teoreticky nižší vodní stopu než plodina zavlažovaná pouze srážkami (zelenou vodou). Zároveň koncept vodní stopy nezohledňuje situaci s vodním stresem v dané zemi- například vodní stopa na tunu produkce rajčat na Slovensku s nízkým stupněm vodního stresu je jednou tak vysoká oproti vodní stopě na tunu produkce rajčat v Maroku- oblasti s extrémně závažným stupněm vodního stresu.

Díky vyjádření vodní stopy plodiny na tunu produkce lze porovnat objemy vody potřebné pro vypěstování v jednotlivých zemích, a jelikož je celková vodní stopa rozpočítána na tři složky, je vidět, která složka přispívá jakým dílem k celkové vodní stopě. Ale z důvodů uvedených v předchozím odstavci jsou očividné nedostatky konceptu vodní stopy z hlediska hodnocení dopadů na vodní zdroje.

## 7. Dopady spotřeby vybraných dovezených plodin v Česku na vodní zdroje v zemích produkce

V úvodu této kapitoly se zaměřuji na revidování vodní stopy vybraných plodin na tunu produkce a porovnání rozdílů mezi neváženou a váženou vodní stopou na tunu produkce. Následně se věnuji vyjádření dopadů na vodní zdroje způsobené spotřebou vody na produkci plodin určených na export. Na tuto část navazuji zhodnocením nevážených a vážených vodních stop plodin v jednotlivých exportujících zemích a porovnáním dopadů na vodní zdroje způsobených spotřebou vody na produkci plodin určených na export. Aby byla přehledněji rozlišena vodní stopa a revidovaná vodní stopa, jsou v této kapitole používány pro vodní stopu výrazy objemová vodní stopa nebo nevážená vodní stopa.

### 7.1 Revidování vodní stopy na tunu produkce

Ridoutt a Pfister (2010) pracovali s klasickým účetnictvím vodní stopy, ovšem kvůli přidání nového hlediska, dopadů na vodní zdroje, odečetli z celkové vodní stopy zelenou vodní stopu s vysvětlením, že zelená VS sama o sobě nepřispívá ke zvyšování stupně vodního stresu, tedy nepůsobí negativní dopady na vodní zdroje. A proto by její zahrnutí do výpočtu zkreslovalo výsledky. Stejným způsobem jsem opravila celkové vodní stopy avokáda a rajčat z exportujících zemí. Do upravené celkové vodní stopy (modrá + šedá vodní stopa) zakomponovali autoři impaktový faktor pro zhodnocení dopadů spotřeby vody na vodní zdroje. U avokáda a následně u rajčat jsem upravené vodní stopy na tunu produkce z jednotlivých zemí násobila příslušnými charakterizačními faktory vodního stresu a získala revidované vodní stopy na tunu produkce (tab. 18, 20).

#### Avokádo

Tab. 18: Výpočet vážené vodní stopy na tunu produkce avokáda (m<sup>3</sup>/t)

Název země	VS na tunu (bez zelené VS)	Charakterizační faktor vodního stresu	Vážená vodní stopa na tunu
Jihoafrická republika	868	0,686500	596
Izrael	768	0,995938	765
Španělsko	347	0,714692	248
Peru	422	0,715885	302
Keňa	18	0,020842	0,4
Chile	1 011	0,736193	744

Zdroj: Mekonnen, Hoekstra 2010, Pfister, Koehler, Hellweg 2009, vlastní výpočty



Tab. 19: Nevážená versus vážená vodní stopa produkce avokáda na tunu (m<sup>3</sup>/t)

Název země	Nevážená VS na t	Vážená vodní stopa na tunu
Jihoafrická republika	1 864	596
Izrael	999	765
Španělsko	926	248
Peru	1 046	302
Keňa	562	0,4
Chile	1 818	744

Zdroj: Mekonnen, Hoekstra 2010, Pfister, Koehler, Hellweg 2009, vlastní výpočty

Vážené vodní stopy na tunu produkce jsou nižší než nevážené vodní stopy kvůli odečtení složky zelené vodní stopy a kvůli násobení číslem menším než 1 (tab. 19, 21). Nejvýznamnější rozdíl se objevil u Keni, kde se vodní stopa snížila téměř o 100 %, přesněji o 99,93 %. Důvodem byla kombinace odečtení vysoké hodnoty zelené vodní stopy a násobení velmi nízkým charakterizačním faktorem vodního stresu (0,02). Nejmenší rozdíl zaznamenal Izrael mající váženou vodní stopu nižší pouze o 23 %. Snížení zde způsobilo pouze odečtení nevysoké hodnoty zelené VS, velmi vysoká hodnota charakterizačního faktoru vodního stresu (0,99) vodní stopu téměř nezměnila. Významné snížení vodní stopy zhruba ve stejném poměru nastalo u Peru, Španělska a Jihoafrické republiky. Tyto země mají velmi podobný charakterizační faktor vodního stresu.

Na těchto hodnotách v tabulce je vidět velký rozdíl mezi neváženou a váženou vodní stopou. Pokud by se tedy chybně použily hodnoty nevážené vodní stopy i jakémukoliv hodnocení dopadů, výsledky by byly velmi zkreslené. Produkce avokáda v Izraeli má neváženou vodní stopu až čtvrtou nejvyšší mezi hodnocenými zeměmi, ale po zvážení se dostává na první místo.

U stejných jednotek hmotnosti produkce, v případě mého výzkumu tun, lze porovnat, ve kterých zemích působí produkce avokáda vyšší či nižší tlak na vodní zdroje - nejvyšší v Izraeli, ale v těsném závěsu je Chile, dále Jihoafrická republika, oproti nim ne příliš významný dopad na vodní zdroje působí v Peru a ve Španělsku a téměř nulový dopad je v Keni.

## Rajčata

Tab. 20: Výpočet vážené vodní stopy na tunu produkce rajčat ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Název země	VS na tunu (bez zelené VS)	Charakterizační faktor vodního stresu	Vážená vodní stopa na tunu
Nizozemsko	2	0,305629	1
Španělsko	48	0,714692	34
Maroko	63	0,844293	53
Polsko	3	0,069955	0,21
Belgie	3	0,715014	2
Německo	13	0,120113	2
Francie	19	0,180966	3
Itálie	44	0,272602	12
Slovensko	89	0,093024	8
Turecko	77	0,778599	60
Izrael	59	0,995938	59

Zdroj: Mekonnen, Hoekstra 2010, Pfister, Koehler, Hellweg 2009, vlastní výpočty

Tab. 21: Nevážená versus vážená vodní stopa produkce rajčat na tunu ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Název země	Nevážená VS na t	Vážená vodní stopa na tunu
Nizozemsko	9	1
Španělsko	83	34
Maroko	107	53
Polsko	173	0,21
Belgie	14	2
Německo	35	2
Francie	48	3
Itálie	109	12
Slovensko	263	8
Turecko	137	60
Izrael	84	59

Zdroj: Mekonnen, Hoekstra 2010, Pfister, Koehler, Hellweg 2009, vlastní výpočty

Stejně jako v případě Keni u avokáda, tak i pro rajčata u Polska a Slovenska vysoká hodnota zelené vodní stopy a velmi nízký charakterizační faktor vodního stresu (nižší než 0,1) snížili vodní stopu o 99,88 %, respektive 97 %. Nejméně rozdílná vodní stopa je u Izraele ze stejných důvodů jako u avokáda. Nevážené vodní stopy dávaly důraz na Polsko a Slovensko, po zvážení má produkce rajčat v těchto zemích velmi nízkou vodní stopu. Zvážením vodních stop se ukázaly Izrael, Turecko a Maroko jako oblasti, kde je spotřeba vody na tunu produkce rajčat nejvyšší, tím pádem i nejvyšší tlak na vodní zdroje.

Šest z jedenácti zemí exportujících rajčata do Česka se nachází v nízkém stupni vodního stresu a zelená vodní stopa tvořila většinou část původní celkové vodní stopy, proto po zvážení došlo u více zemí k radikálnímu poklesu hodnot vodní stopy (o 90 % a více) než u avokáda, kde to byl případ pouze u Keni.

## 7. 2 Revidování vodní stopy dovozu avokáda a rajčat

V předchozí kapitole jsem vážila impaktovým faktorem pouze vodní stopy na tunu produkce u obou plodin, což posloužilo k porovnání tlaku na vodní zdroje stejného množství vypěstovaných plodin v jednotlivých exportujících zemích. Nyní stejným postupem vyčísím revidované vodní stopy spotřeby dovezených objemů rajčat a avokáda (tab. 22, 23).

Tab. 22: Revidovaná vodní stopa dovezeného avokáda do Česka v roce 2011 (m<sup>3</sup>/t)

Název země	Dovoz v tunách	VS na tunu (bez zelené VS)	VS dovozu (bez zelené VS)	Charakterizační faktor vodního stresu	Revidovaná VS dovezeného avokáda
Jihoafrická republika	150	868	130 063	0,686500	89 288
Izrael	111	768	85 155	0,995938	84 809
Španělsko	95	347	33 001	0,714692	23 585
Peru	45	422	19 105	0,715885	13 677
Keňa	54	18	966	0,020842	20
Chile	38	1 011	38 008	0,736193	27 981

Zdroj: ČSÚ 2012, Mekonnen, Hoekstra 2010, Pfister, Koehler, Hellweg 2009, vlastní výpočty

Tab. 23: Revidovaná vodní stopa dovezených rajčat do Česka v roce 2011 (m<sup>3</sup>/t)

Název země	Dovoz v tunách	VS na tunu (bez zelené VS)	VS dovozu (bez zelené VS)	Charakterizační faktor vodního stresu	Revidovaná VS dovezeného avokáda
Nizozemsko	28 225	2	56 450	0,305629	17 253
Španělsko	25 093	48	1 204 442	0,714692	860 805
Maroko	11 617	63	731 845	0,844293	617 892
Polsko	5 655	3	16 966	0,069955	1 187
Belgie	5 024	3	15 073	0,715014	10 777
Německo	4 733	13	61 535	0,120113	7 391
Francie	2 103	19	39 956	0,180966	7 231
Itálie	2 060	44	90 624	0,272602	24 704
Slovensko	1 247	89	110 942	0,093024	10 320
Turecko	1 161	77	89 408	0,778599	69 613
Izrael	419	59	24 713	0,995938	24 613

Zdroj: ČSÚ 2012, Mekonnen, Hoekstra 2010, Pfister, Koehler, Hellweg 2009, vlastní výpočty

Objemy dovozů v tunách jsem vynásobila vodní stopou na tunu produkce upravenou o odečet zelené vodní stopy. Výsledné vodní stopy jednotlivých dovozů byly dále násobeny charakterizačním faktorem vodního stresu příslušným pro každou zemi. Tím jsem dosáhla vyčíslení revidované vodní stopy, jež explicitně propojuje spotřebu vody pro produkci a vodní stres v oblasti, čímž umožní zhodnotit dopady na vodní zdroje v dané zemi. Celková revidovaná externí vodní stopa spotřeby rajčat v Česku dosahuje 1 651 785 m<sup>3</sup>/t.

### **7. 3 Interní revidovaná vodní stopa národní spotřeby rajčat a porovnání s interní objemovou vodní stopou**

Při revidování interní vodní stopy spotřebovaných rajčat v Česku jsem násobila objem produkce 13 713 tun vodní stopou na tunu produkce bez zelené složky (30 m<sup>3</sup>/t) a dále vážila charakterizačním faktorem vodního stresu pro Česko (0,143619) a získala hodnotu 59 083 m<sup>3</sup>/t. Interní revidovaná vodní stopa spotřebovaných rajčat je o 98 % nižší než původní objemová interní vodní stopa. Tento obrovský rozdíl způsobila významná hodnota zelené vodní stopy, jež byla při revidování odečtena a velmi nízká hodnota impaktového faktoru.

## 7. 4 Porovnání původních a revidovaných vodních stop dovozu avokáda a rajčat

Tab. 24: Nevážená versus vážená vodní stopa dovezeného avokáda do Česka (m<sup>3</sup>/t)

Název země	Vodní stopa dovezeného avokáda	Revidovaná VS dovezeného avokáda
Jihoafrická republika	279 306	89 288
Izrael	110 768	84 809
Španělsko	88 065	23 585
Peru	47 356	13 677
Keňa	30 151	20
Chile	68 346	27 981

Tab. 25: Nevážená versus vážená vodní stopa dovezených rajčat do Česka (m<sup>3</sup>/t)

Název země	Vodní stopa dovezených rajčat	Revidovaná VS dovezených rajčat
Nizozemsko	254 024	17 253
Španělsko	2 082 681	860 805
Maroko	1 242 976	617 892
Polsko	978 397	1 187
Belgie	70 340	10 777
Německo	165 672	7 391
Francie	100 941	7 231
Itálie	224 499	24 704
Slovensko	327 839	10 320
Turecko	159 076	69 613
Izrael	35 185	24 613

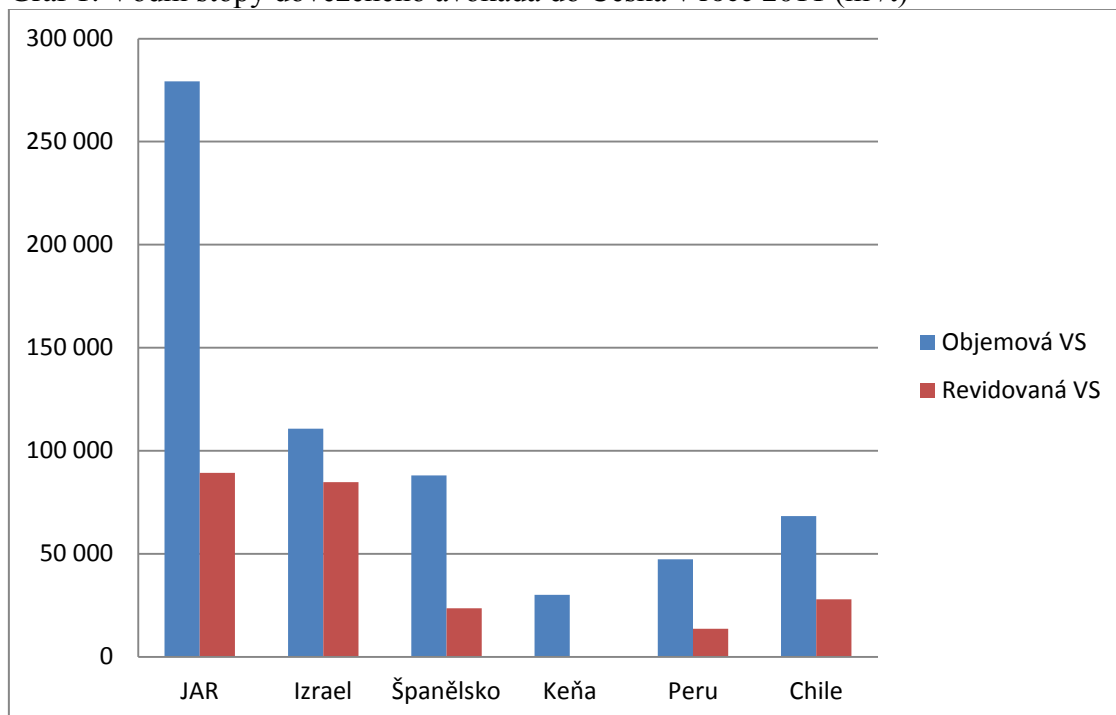
Zdroj: Mekonnen, Hoekstra 2010, Pfister, Koehler, Hellweg 2009, vlastní výpočty

Jak dokládá tabulka 25, revidování vodních stop dovozu rajčat poměrně významně změnilo pořadí velikosti vodních stop z jednotlivých zemí. Španělsko a Maroko zůstávají na prvním a druhém místě velikosti vodních stop, ovšem Polsko s třetí nejvyšší vodní stopou se po revidování propadlo na poslední místo, tedy nyní má nejnižší vodní stopu ze všech zemí. Podobně Slovensko se z původní čtvrté nejvyšší vodní stopy se revidováním dostalo až na osmou pozici.

Podle hodnot v tabulce 24 je vidět, že u avokáda se po revidování vodních stop dovozů změnilo pořadí velikosti vodních stop pouze u jedné dvojice zemí - Chile má po revidování vyšší vodní stopu než Španělsko.

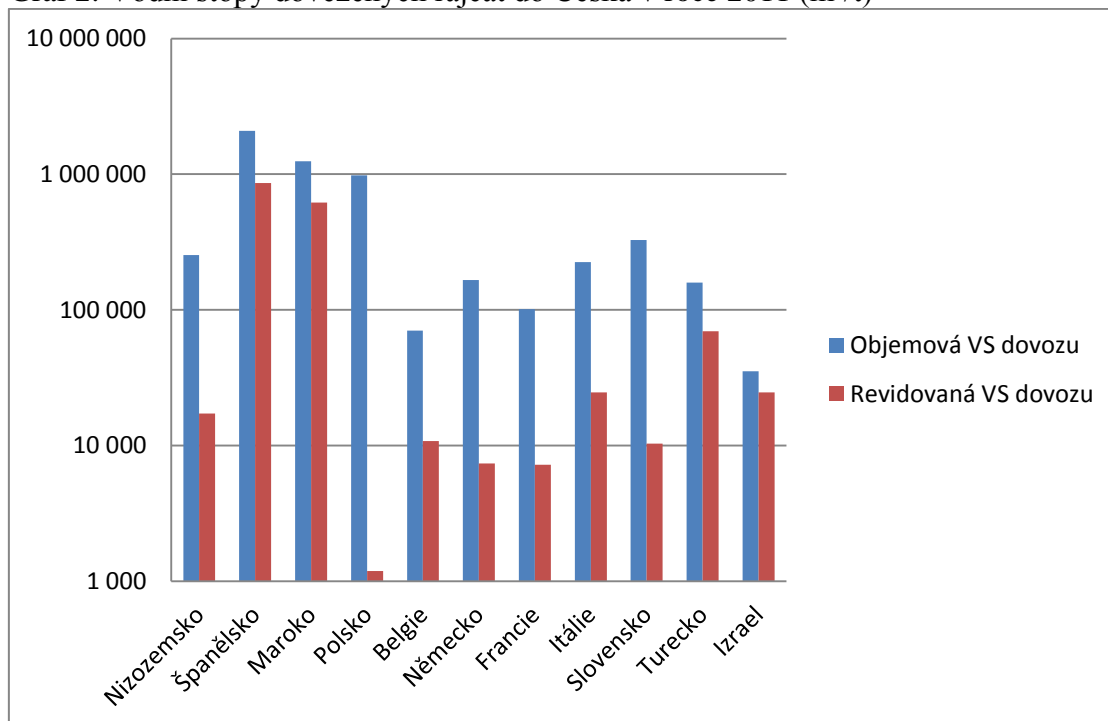
Porovnání velikostí původních a revidovaných vodních stop dovezených objemů těchto dvou plodin jsou znázorněné v grafech 1 a 2.

Graf 1: Vodní stopy dovezeného avokáda do Česka v roce 2011 (m<sup>3</sup>/t)



Zdroj: Mekonnen, Hoekstra 2010, Pfister, Koehler, Hellweg 2009

Graf 2: Vodní stopy dovezených rajčat do Česka v roce 2011 (m<sup>3</sup>/t)



Zdroj: Mekonnen, Hoekstra 2010, Pfister, Koehler, Hellweg 2009

## 7. 5 Porovnání dopadů na vodní zdroje ve světě způsobených spotřebou vody na produkci avokáda dovezeného a spotřebovaného v Česku

Tab. 26: Objem dovozu avokáda do Česka v roce 2011 a revidovaná vodní stopa ( $\text{m}^3/\text{t}$ )

Název země	Dovoz v tunách	Revidovaná VS dovezeného avokáda
Jihoafrická republika	150	89 288
Izrael	111	84 809
Španělsko	95	23 585
Keňa	54	20
Peru	45	13 677
Chile	38	27 981

Zdroj: ČSÚ 2012, Mekonnen, Hoekstra 2010, Pfister, Koehler, Hellweg 2009, vlastní výpočty

Avokádo se do Česka dováží téměř výhradně ze zemí s vysokým stupněm vodního stresu. Jihoafrická republika, Španělsko, Peru a Chile mají na svém území závažný vodní stres a Izrael se nachází dokonce v extrémně závažném stupni vodního stresu, navíc na jeho horní hranici blížící se nejvyšší možné hodnotě 1 (IVS 0,9959). Jedinou výjimkou dovozu je Keňa- země naopak s velmi nízkým stupněm vodního stresu a konkrétně hodnotou IVS téměř nulovou 0,020842 (tab. 26).

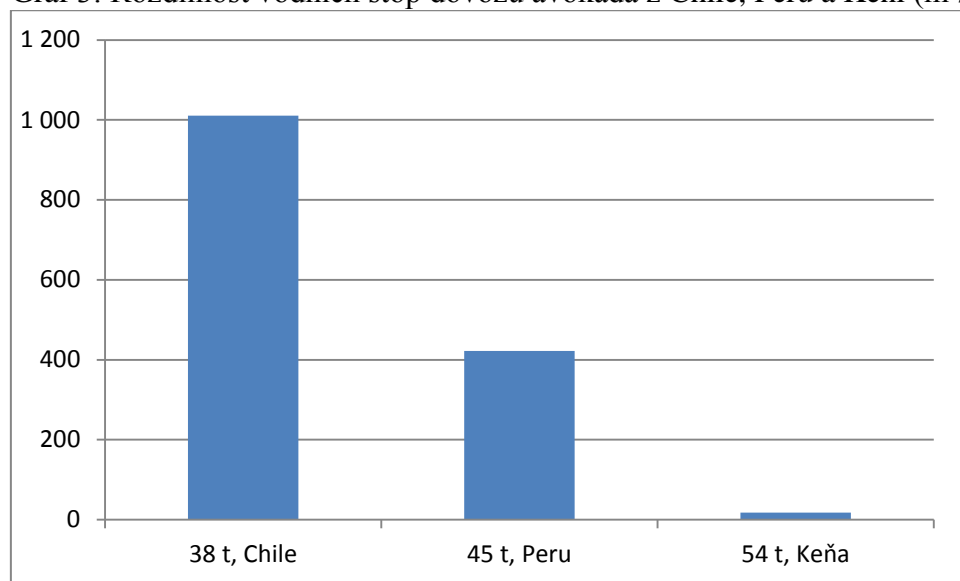
Dva nejvyšší objemy avokáda se v roce 2011 dovezly z Jihoafrické republiky a Izraele. V Izraeli, Jihoafrické republice a v Chile se na vypěstování avokáda využívá velké množství modré vody, tedy plodiny jsou zavlažovány uměle, což v kombinaci s vysokým stupněm vodního stresu negativně ovlivňuje dostupnost vody a má významný potenciál přispět ke zvýšení vodního stresu v těchto zemích. Nejvyšší hodnoty dovozů a nejvyšší vodní stopy ústí ve výsledek, že spotřeba avokáda v Česku má největší dopady na vodní zdroje v Jihoafrické republice a v těsném závěsu v Izraeli.

V Chile a Jihoafrické republice má pěstování avokáda vysokou modrou vodní stopu, ale navíc oproti Izraeli, v těchto zemích má produkce avokáda i vysokou šedou vodní stopu a kromě toho také vysokou spotřebu zelené vody, která sice podle Ridoutta a Pfistera (2010) nemá negativní dopady na vodní zdroje a je při výpočtu revidované vodní stopy odečítána, ale doplňuje výpověď alespoň v tom, že pěstování avokáda je v těchto zemích v porovnání s Keňou, Peru nebo Španělskem extrémně náročné na vodu.

Jak už jsem zmínila, Keňa tvoří mezi dovoзовými zeměmi do Česka jedinou výjimku ve velikosti vodní stopy produkce avokáda. Jak je zřejmé z poměru jednotlivých složek objemové vodní stopy, avokádo je v Keni při pěstování zavlažováno srážkovou vodou z 97

%, spotřeba modré vody je minimální, země netrpí nedostatkem vody, produkce avokáda zde tedy nepůsobí téměř žádný tlak na vodní zdroje. V roce 2011 se z Keni dovezlo 54 tun avokáda a toto množství mělo vodní stopu pouze 20 m<sup>3</sup>/t. Do Česka se také dovezlo řádově stejné množství avokáda z Chile a Peru. Rozdílnost vodních stop relativně stejných dovozů dokumentuje graf 3.

Graf 3: Rozdílnost vodních stop dovozů avokáda z Chile, Peru a Keni (m<sup>3</sup>/t)



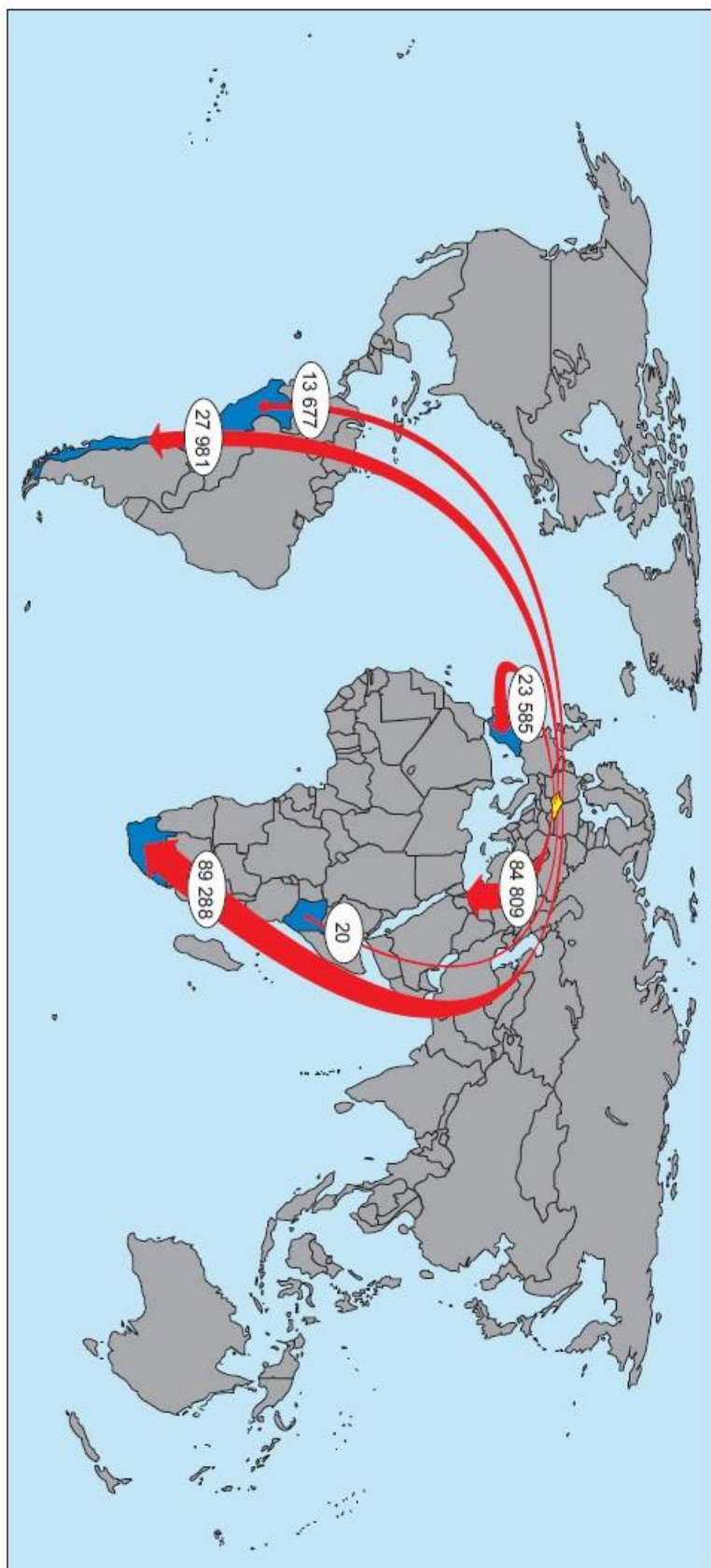
Zdroj: Mekonnen, Hoekstra 2010, Pfister, Koehler, Hellweg 2009

Z Keni, Peru a Chile se avokáda dovezlo řádově stejné množství, ovšem vodní stopa produkce v těchto třech zemích se významně liší. Oproti desítkám metrů krychlových na tunu vody v Keni stojí desítky tisíc metrů krychlových na tunu vody v Peru a Chile. Dovoz a spotřeba avokáda v Česku působí tlak na vodní zdroje v Peru 684 krát a v Chile 1400 krát vyšší než v Keni (jinými slovy, dovoz a spotřeba avokáda v Česku má potenciál přispět k nedostatku vody v Peru 684 krát a v Chile 1400 krát vyšší než v Keni).

Pro porovnání jsem vypočítala vodní stopu největšího dovozu avokáda, pokud by se importovalo do Česka z Keni místo z Jihoafrické republiky. Revidovaná stopa takového dovozu by byla pouhých 56 m<sup>3</sup>/t. Desítky metrů krychlových na tunu vody a desítky tisíc metrů krychlových na tunu (RVS dovezených rajčat z Jihoafrické republiky: 89 288 m<sup>3</sup>/t) stejného objemu produkce jsou nesrovnatelné hodnoty a potvrzují tak, že opravdu záleží na tom, odkud pochází avokáda, která se spotřebovávají v Česku.



Obr. 2: Externí revidovaná vodní stopa Česka pro spotřebu avokáda v roce 2011 (m<sup>3</sup>/t)



Zdroj: vlastní výpočty + zpracování Ing. Vít Gajdůšek

## 7. 6 Porovnání dopadů na vodní zdroje ve světě způsobených spotřebou vody na produkci rajčat dovezených a spotřebovaných v Česku

Tab. 27: Dovoz rajčat do Česka v roce 2011 a jeho revidovaná vodní stopa (m<sup>3</sup>/t)

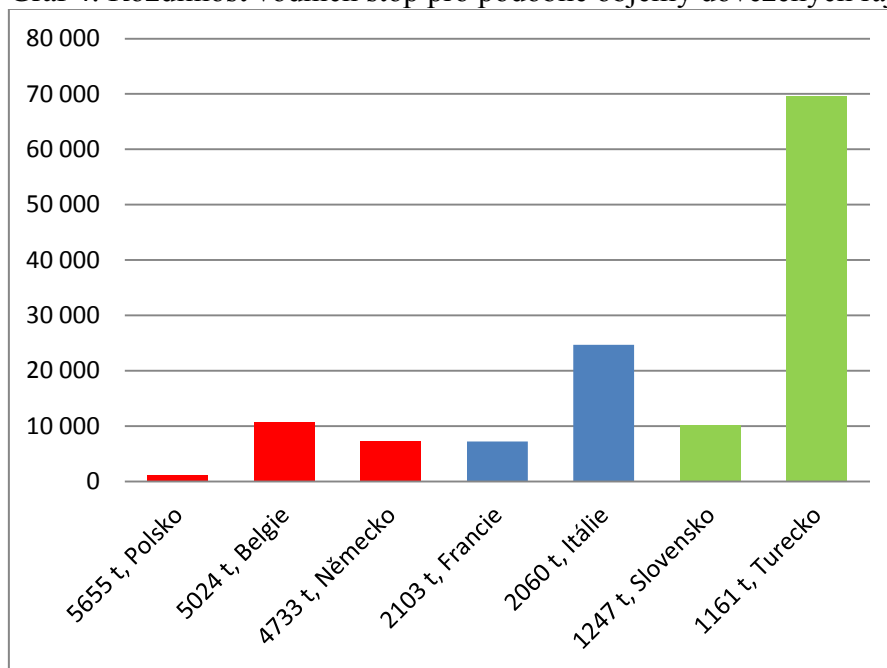
Název země	Dovoz v tunách	Revidovaná VS dovezeného avokáda
Nizozemsko	28 225	17 253
Španělsko	25 093	860 805
Maroko	11 617	617 892
Polsko	5 655	1 187
Belgie	5 024	10 777
Německo	4 733	7 391
Francie	2 103	7 231
Itálie	2 060	24 704
Slovensko	1 247	10 320
Turecko	1 161	69 613
Izrael	419	24 613

Zdroj: ČSÚ 2012, Mekonnen, Hoekstra 2010, Pfister, Koehler, Hellweg 2009, vlastní výpočty

Přestože se v Česku rajčata běžně pěstují, import ze zahraničí významně převyšuje domácí produkci. Země dovozů spadají téměř půl na půl do málo závažných kategorií vodního stresu a do kategorií s vysokým stupněm vodního stresu. Mezi dovozové země s velmi nízkým stupněm vodního stresu patří Německo, Polsko, Slovensko a Francie. Nízký stupeň vodního stresu mají Nizozemsko a Itálie. Česko dále dováží rajčata ze zemí majících problémy s dostatkem vodních zdrojů a nacházejících se v závažném stupni vodního stresu a to jsou Španělsko, Belgie a Turecko. Rajčata se ovšem do Česka importují i ze zemí trpících vážnými problémy s vodními zdroji (extrémní stupeň vodního stresu), jsou to mimoevropské země- Maroko a Izrael (tab. 27).

Při zhodnocení objemu dovozů rajčat a jejich příslušných revidovaných vodních stop je třeba zdůraznit markantní rozdíly v potenciálu přispět k vodnímu nedostatku u stejných objemů dovezených rajčat.

Graf 4: Rozdílnost vodních stop pro podobné objemy dovezených rajčat do Česka (m<sup>3</sup>/t)



Zdroj: Mekonnen, Hoekstra 2010, Pfister, Koehler, Hellweg 2009

V grafu 4 jsou podle barev rozdělené skupiny zemí s přibližně stejným objemem exportu rajčat do Česka ale velmi rozdílnými vodními stopami. Ve skupině dovozů okolo 5 000 tun rajčat má spotřeba rajčat z Belgie devětkrát a z Německa zhruba šestkrát vyšší potenciál působit v těchto zemích produkce vodní nedostatek než spotřeba rajčat z Polska. V Polsku se na tunu produkce rajčat využívá obrovské množství zelené vody (jež se do výpočtu revidované vodní stopy nepočítá), modré vody se spotřebuje pouze 3 m<sup>3</sup>/t a šedá vodní stopa je nulová. V Belgii je spotřeba zelené vody také nejvyšší, modrá vodní stopa je nulová a naopak šedá činí 3 m<sup>3</sup>/t. V Polsku a Belgii je tedy teoreticky celkově na pěstování rajčat potřeba stejné množství vody, ovšem dopady využití stejného objemu vody jsou velmi rozdílné kvůli různým stupňům vodního stresu v zemích. Revidovaná vodní stopa tento dopad zohledňuje, proto mezi výslednými vodními stopami dovezených rajčat nastává takto významný rozdíl.

V Itálii se rajčata při pěstování, v porovnání s Francií, zavlažují dva a půl krát více. Itálie má vyšší stupeň vodního stresu, i když rozdíl oproti Francii nedosahuje tak vysokých hodnot. Tyto dvě skutečnosti ústí v tři a půl krát vyšší potenciální tlak dovezených rajčat na vodní zdroje v Itálii než ve Francii.

Šestkrát vyšší vodní stopu a tím i dopad na vodní zdroje dovezených rajčat z Turecka oproti rajčatům vypěstovaným na Slovensku způsobuje zejména velmi odlišný stupeň vodního stresu v těchto dvou zemích- velmi nízký na Slovensku a závažný v Turecku.

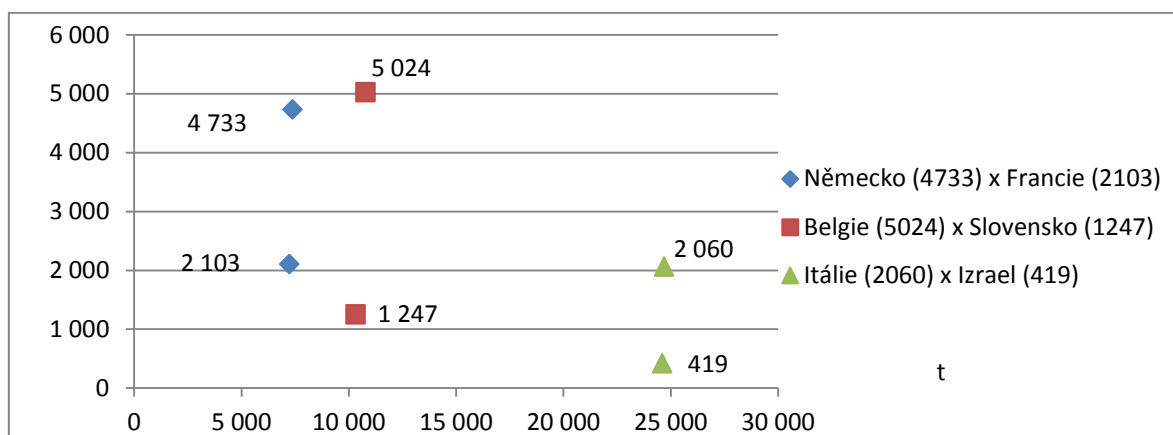
Zdaleka největší rozdíl vodních stop pro přibližně stejné objemy dovozu se objevil u dvou největších importérů rajčat do Česka, Nizozemska a Španělska. Na pěstování rajčat v Nizozemsku, jehož stupeň vodního stresu je nízký, se nevyužívá modrá voda vůbec a šedou vodní stopu má produkce na tunu pouze 2 m<sup>3</sup>/t. Naopak ve Španělsku spadajícím do kategorie závažného vodního stresu se spotřebovává 25 m<sup>3</sup>/t modré vody na tunu produkce a šedá vodní stopa na tunu produkce činí 23 m<sup>3</sup>/t. Tyto hodnoty sice nejsou nejvyšší ve skupině jedenácti hodnocených zemí, ale ve výsledku tvoří pro přibližně stejný objem dovozu nesmírně rozdílnou velikost revidované vodní stopy. Spotřeba daného množství rajčat ze Španělska má 50 krát větší potenciál přispět k nedostatku vody v zemi produkce, než spotřeba přibližně stejného množství rajčat z Nizozemska.

Dále pokud porovnáme výslednou vodní stopu dovozů ze Španělska a Maroka, RVS pěstování marockých rajčat je pouze o 28 % nižší než u rajčat ze Španělska a to při zhruba polovičním objemu (Maroko 11 617 tun, Španělsko 25 093 tun). Maroko má závažné problémy s nedostatkem vody (stupeň vodního stresu- extrémně závažný), ovšem více než polovinu produkce rajčat zavlažuje uměle.

Objem dovezené a spotřebované produkce rajčat z Maroka je velikostně podobný objemu spotřebované produkce rajčat vypěstované v Česku, proto je žádoucí porovnat i vodní stopy těchto spotřeb. Při podobných hodnotách objemu produkce jsou vodní stopy velmi rozdílné- VS u Maroka 617 892 m<sup>3</sup>/t a VS české produkce 59 083 m<sup>3</sup>/t. Daný objem produkce má v Maroku 10 a půl krát větší potenciál přispět k nedostatku vody než podobný objem produkce v Česku.

Dále příkládám graf 5 s opačným pohledem na objemy dovozů a revidované vodní stopy, kde jsou vyobrazeny blízké hodnoty vodní stopy pro zcela rozdílné objemy dovezených rajčat do Česka.

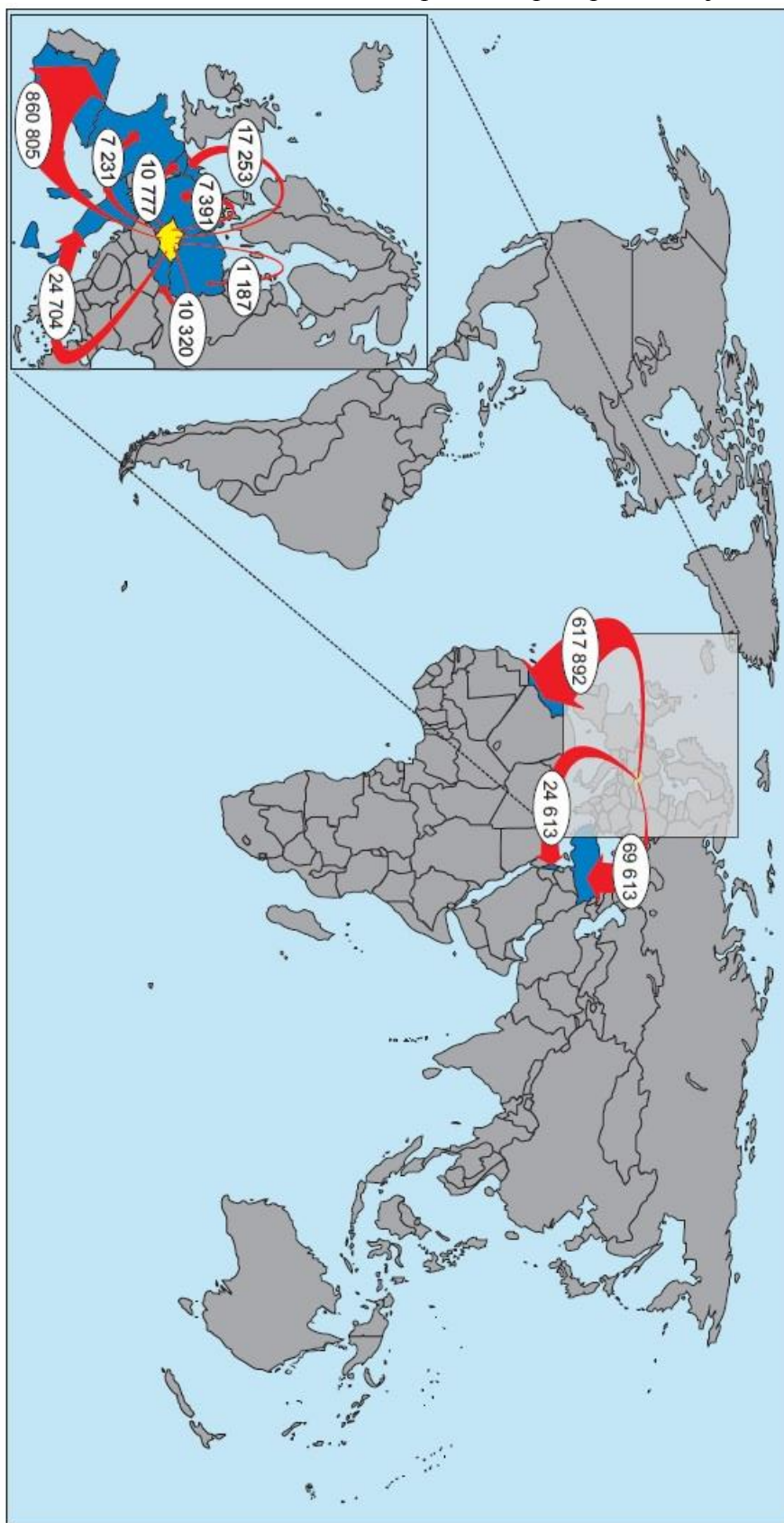
Graf 5: Podobnost vodních stop pro rozdílné objemy dovezených rajčat do Česka (m<sup>3</sup>/t)



Zdroj: ČSÚ 2012, Mekonnen, Hoekstra 2010, Pfister, Koehler, Hellweg 2009

Největší potenciály přispět k vodnímu nedostatku v hodnocených zemích má pěstování rajčat v Turecku, Izraeli a Maroku s revidovanou vodní stopou na tunu produkce 60, 59 a 53 m<sup>3</sup>/t. Kdyby se daný největší import rajčat (28 225 tun) nedovážel z Nizozemska ale například z Turecka, revidovaná vodní stopa by dosahovala obřích rozměrů: 1 692 148 m<sup>3</sup>/t. Toto je pouze výpočet a teoretická úvaha, ovšem realitou je skutečnost, že třetí nejvýznamnější dovozce rajčat do Česka je Maroko, spadající mezi tyto tři země s nejohroženějšími vodními zdroji. Česko samozřejmě není jediná země, kam se rajčata z Maroka dováží. Celkově se v Maroku v roce 2011 vypěstovalo 392 435 tun rajčat na export (FAOSTAT 2014). Po násobení vodní stopou na tunu (bez zelené složky) a vážením příslušným charakterizačním faktorem vodního stresu vyjde revidovaná vodní stopa 20 873 798 m<sup>3</sup>/t. Tedy roční objem produkce jedné plodiny určený na export má spotřebu vody, jež lze přirovnat například k objemu vodní nádrže Hněvkovice (21 km<sup>3</sup>). Po zjištění podle FAOSTAT (2014), do kterých zemí Maroko rajčata vyváží, paradox pokračuje, jelikož většina objemu exportu putuje do zemí, které nemají problémy s dostatkem vody – do sedmi zemí se stupněm vodního stresu velmi nízkým, do třech zemí s nízkým stupněm a pouze do jedné země se závažným stupněm vodního stresu. U vývozu rajčat z Izraele je situace hodně podobná, dokonce se většina objemu rajčat exportuje pouze do zemí s velmi nízkým či nízkým stupněm vodního stresu. Turecko exportuje svou produkci rajčat do pěti zemí s dvěma nejnižšími stupni vodního stresu a dále do třech zemí s nejvyšším stupněm vodního stresu. Ani tato situace, kdy země se závažným stupněm vodního stresu (navíc IVS Turecka se blíží hranici extrémně závažného vodního stresu) exportuje produkci rajčat do zemí s extrémně závažným vodním stresem, není příznivá.

Obr. 3: Externí revidovaná vodní stopa Česka pro spotřebu rajčat v roce 2011 (m<sup>3</sup>/t)



Zdroj: vlastní výpočty + zpracování Ing. Vít Gajdůšek

## 8. Zhodnocení a diskuse

### 8.1 Zhodnocení výsledků

Významné dovozy avokáda do Česka pocházejí až na jednu výjimku ze zemí se závažným nebo extrémně závažným vodním stresem. Stejná situace platí pro dovoz avokáda do Nizozemska, jež byl řešen v rámci očišťování hodnot dovozu do Česka o reexporty. Podle zkoumaných dovozových zemí by se mohlo mylně zdát, že největší světová produkce avokáda spadá převážně do oblastí vystavených vyšším stupňům vodního stresu. Zdaleka nejvíce objemu avokáda se opravdu vypěstuje v zemi se závažným vodním stresem – v Mexiku, ale třetím největším světovým producentem je Dominikánská republika, čtvrtá pozice patří Indonésii, šestá je Kolumbie, osmá Keňa a devátá Brazílie, všechny země s velmi nízkým stupněm vodního stresu, tedy dopady na vodní zdroje spotřebou vody na pěstování jsou minimální (FAOSTAT 2014). Z uvedeného výčtu největších producentů avokáda je zřejmé, že lze avokádo pěstovat ve velkém objemu i v zemích, kde nepůsobí závažné dopady na vodní zdroje. Největší objemy dovezeného avokáda do Česka však pochází z Jihoafrické republiky a Izraele, Česko tak prostřednictvím spotřeby dovezeného avokáda externalizuje největší část dopadů na vodní zdroje do země se závažným a země s extrémně závažným stupněm vodního stresu.

Rajčata jsou poměrně nenáročná plodina, pěstují se v zemích s různým podnebím (FAOSTAT, 2014). Produkce plodin v teplém klimatu a s využitím umělého zavlažování má výhody v podobě vyšších výnosů z produkce, ovšem pokud území vykazuje vážný nedostatek vody a jsou zde například nadměrně čerpány podzemní vodní zdroje, stojí podle mého názoru za zvážení, zda je produkce na vývoz v uvažované oblasti udržitelná z hlediska budoucí dostupnosti vody pro nejrůznější účely (pro domácí spotřebu, zemědělství, průmysl a pro zachování správného fungování ekosystémů).

Největšími dovozci rajčat do Česka jsou Nizozemsko a Španělsko, země s diametrálně odlišnými stupni vodního stresu a tudíž i potenciálními dopady produkce na vodní zdroje. Přibližně stejný objem dovezeného a spotřebovaného množství rajčat působí ve Španělsku 50 krát větší tlak na vodní zdroje než v Nizozemsku. Třetí největší objem rajčat se doveze z Maroka. U Maroka jsem se zaměřila na to, do jakých zemí produkci rajčat vyvází a zjistila, že jsou to téměř výhradně země s velmi nízkým nebo nízkým stupněm vodního stresu. Všechny tyto země dovozem rajčat z Maroka externalizují dopady na vodní zdroje

do země s velmi vážným nedostatkem vody, přestože z hlediska vodních zdrojů mají podmínky na pěstování rajčat o mnoho vhodnější.

## **8. 2 Zhodnocení metod a postupů**

Metoda výpočtu vodní stopy zemědělské plodiny poskytuje cenné informace o celkovém objemu vody, který je potřeba pro vypěstování určitého množství plodin. Zahrnuje do kalkulace nejen spotřební objem vody, tedy vodu zelenou a/nebo modrou, potřebný pro růst plodin, ale také objem vody nezbytný k rozředění znečišťujících látek, které jsou v souvislosti s produkcí plodin vypouštěny a kontaminují zdroje vody (šedá voda). Rozlišení vodní stopy na složky zelenou, modrou a šedou umožňuje identifikovat nadměrnou spotřebu konkrétního typu vody a porovnat se spotřebou vody téže plodiny na jiném místě s podobnými výchozími podmínkami. Například velmi různá spotřeba modré vody na zavlažování stejné plodiny ve dvou geograficky blízkých regionech s podobnými klimaticko-hydrologickými podmínkami může být způsobena používáním zastaralého a neefektivního zavlažovacího systému v regionu s vyšší spotřebou vody. Ovšem při vzájemném porovnávání vodních stop produktů se ukazují nedostatky metody vodní stopy. Záměrem výpovědi vodní stopy není pouze informovat o objemu spotřebované vody ale také poskytnout podnět pro adekvátní opatření. Pokud zkoumáme, jaký má daný objem spotřebované vody vliv na vodní zdroje, hodnocení není možné udělat pomocí vodní stopy. Nelze říci, že produkt s nižší vodní stopou působí méně závažné dopady na vodní zdroje oproti produktu s vyšší vodní stopou. Hlavními důvody pro nemožnost hodnocení a porovnávání dopadů je nezohlednění skutečnosti, že spotřeba zelené a modré vody má různé dopady na vodní zdroje a nezohlednění stavu vodních zdrojů v místech produkce ve smyslu dostatku nebo nedostatku vody.

Metoda revidované vodní stopy nabízí řešení některých nedostatků vodní stopy. Redukcí výchozích dat vodní stopy o zelenou složku, která podle autorů sama o sobě nepřispívá ke zvyšování vodního stresu, poskytuje informaci, v jakých lokalitách existuje skutečný potenciál pro ohrožení vodních zdrojů. Vážením vodní stopy pomocí indexu vodního stresu metoda revidované VS zohledňuje stav vodních zdrojů v dané oblasti. Metoda využívá vysoké prostorové rozlišení oblastí vodního stresu. Index vodního stresu má prostorové rozlišení 0,5 stupňů, což umožňuje charakterizovat vodní stres na lokální úrovni. Této výhody ve výzkumu bohužel využito nebylo, protože bylo možné získat údaje



o dovozech pouze na úrovni zemí, nikoliv menších regionů. Standardizace dat prostřednictvím metody RVS umožňuje porovnávání stejných produktů pocházejících z různých regionů, nebo dokonce různých produktů z různých regionů z hlediska jejich potenciálu přispět k vodnímu stresu.

Metoda RVS má také určitá omezení. Podle mého názoru dopady spotřeby vody na vodní zdroje jsou pomocí metody revidované vodní stopy hodnoceny pouze částečně. Zásadou standardizace dat jsou výsledky (dopady) dobře porovnatelné mezi sebou. Metoda umožňuje srozumitelnou a přehlednou komparaci, v jakých oblastech působí spotřeba vody na produkci plodin závažnější či méně závažné dopady na vodní zdroje. Hodnoty výsledků ale nejsou dále vztaženy k nějaké udržitelné mezi spotřeby vodních zdrojů v dané oblasti, tedy z výsledků není přesně jasné, jaké konkrétní dopady daná spotřeba vody v oblasti způsobí. Pro potřeby předkládané práce, jejímž cílem bylo zejména porovnání dopadů v jednotlivých exportujících zemích, byla metoda revidované vodní stopy adekvátní.

### **Zhodnocení postupů**

Při kalkulacích externí vodní stopy národní spotřeby nebo výpočtech mezinárodních toků virtuální vody, pokud exportující země není zároveň zemí produkce výrobku nebo komodity, se většinou s ohledem na velké množství dat počítá s globální průměrnou vodní stopou daného produktu (Mekonnen, Hoekstra 2011). Pro výzkum v rámci předkládané práce byly vybrány pouze dvě plodiny, což umožnilo hledání skutečných zemí původu plodin. Podařilo se identifikovat reexporty a očistit od nich hodnoty dovozů. Pro pochopení postupu řešení problematiky reexportů jsem postup a výpočty podrobně popsala v kapitole *Výběr plodin pro výpočet vodní stopy a hodnocení dopadů*.

Mnoho zemí dané plodiny nejen produkuje a vyváží, ale zároveň je také dováží z jiných zemí. V těchto případech bylo předpokládáno, že pokud je objem dovozu plodiny do dané země oproti produkci nízký, země následně vyveze produkci svoji. Zjistit zda tyto země nevyvezly malou část své produkce, nebylo ze statistiky možné. Ale i tak by konečné výsledky výzkumu nebyly téměř změněny.

Dvěma zkoumanými plodinami byly rajčata a avokádo. V případě rajčat nastala u tří zemí (Německo, Slovensko, Francie) dovážejících do Česka menší komplikace. Objem importu rajčat do těchto zemí převyšoval jejich produkci, takže se nedalo s jistotou tvrdit, že tyto země vyvezly vlastní produkci rajčat. Použití podobného řešení pro očištění hodnot o reexporty jako u dovozu avokáda z Nizozemska do Česka nebylo možné, protože rozpočítávání hodnot reexportů by bylo nesmírně složité, jelikož tyto tři země si dováží

rajčata i navzájem, vzniká zde tedy složitý řetězec reexportů. Přistoupila jsem tedy ke zjednodušenému řešení. Protože celkový objem produkce v těchto třech zemích je vyšší než celkový objem exportu z těchto zemí, předpokládala jsem tedy, že tyto země vyvezly do Česka svoji produkci rajčat.

### **8. 3 Diskuse návrhů řešení**

Na problém externalizace spotřeby vody do zemí s vyšším stupněm vodního stresu neexistuje jednoduché řešení. Hoekstra a Hung (2002); Chapagain a Hoekstra (2008); Hoekstra a kol. (2011) a Mekonnen a Hoekstra (2011) navrhuji šetřit vodu prostřednictvím uvědomělého mezinárodního obchodu. Smyslem takového mezinárodního obchodu je dovážet produkty (plodiny a výrobky) náročné na vodu ze zemí s dostatkem vodních zdrojů do zemí trpících nedostatkem vody a produkty nenáročné na vodu v opačném směru. Situace by se mohla týkat i produktů méně náročných na vodu, ale za to ve velkém objemu pěstovaných a vyvážených ze zemí s nedostatkem vody. Země s vyšším stupněm vodního stresu tak mohou šetřit domácí vodní zdroje dovozem produktů namísto plné produkce pro vlastní potřebu a často i na export. Virtuální vodu autoři považují za alternativní zdroj vody a její dovoz za způsob, jak zmírnit tlak na domácí vodní zdroje.

Nalézt řešení nebylo cílem předkládané práce a dalece by přesahovalo rámec jejich možností. Podle mého názoru, způsob jakým navrhuji problematiku řešit uvedení autoři, není v současných podmínkách mezinárodního obchodu s různými zájmy jednotlivých stran reálný. Sami Chapagain a Hoekstra (2008) podotýkají, že určujícími faktory mezinárodního obchodu se zemědělskými komoditami (namísto dostatku nebo nedostatku vody) jsou a budou specifické národní politiky, konkurenceschopnost (komparativní výhoda), dotace vývozu, mezinárodní obchodní bariéry atd. Kromě toho, rozhodování nepěstovat či výrazně omezit pěstování plodin na vývoz nezávisí pouze na zhodnocení vodních zdrojů, ale mělo by podle mého názoru zahrnovat komplexní hodnocení situace v dané zemi (socio-ekonomické hledisko aj.).

Osobně jsem toho přesvědčení, že „voda“ by se měla stát dominantnějším faktorem určujícím obchodní strategii v zemích nacházejících se v extrémním stupni vodního stresu, kde jsou problémy s nedostatkem vody vážné. Přesto dnes některé z těchto zemí pěstují plodiny na vývoz, ať už je k tomu vedou jakékoliv důvody, a často například dochází

k nadměrné spotřebě podzemní vody, což bude mít pravděpodobně do budoucna vážné následky.

Jako jedno z účinných řešení, jak snížit vodní stopu národní spotřeby zemědělských plodin, vidím redukci úrovně plýtvání potravinami. Plýtvání potravinami představuje obrovský celosvětový problém. Podle odhadů FAO (2013) je každý rok globálně ztraceno nebo vyplýtváno přibližně 1/3 veškerých potravin vyprodukovaných pro lidskou spotřebu. Plýtvání jídlem představuje promarněnou příležitost zlepšit globální potravinovou bezpečnost a současně nadměrnou zátěž přírodních zdrojů využívaných k produkci potravin. Plýtvání potravinami vlastně znamená plýtvání přírodními zdroji a tedy i vodními zdroji. Hrubý odhad modré vodní stopy vyplývaných potravin na celém světě v roce 2007 činil 250 km<sup>3</sup>, což je z hlediska objemu roční odtok řeky Volhy nebo téměř trojnásobek objemu Ženevského jezera (FAO 2013). K tomuto fenoménu dochází ve vyspělých i rozvojových zemích, v každé z těchto částí světa s jinými příčinami a hlavní ztráty jsou v jiných fázích potravinového řetězce. Ve vyspělých zemích dochází k rozsáhlému plýtvání v dodavatelské části řetězce a nejvíce u koncových spotřebitelů – domácností (Kummu a kol. 2012). Ztracené potraviny představují prostřednictvím spotřeby vody na jejich produkci zcela zbytečnou část tlaku na vodní zdroje. Redukcí plýtvaných potravin by se do jisté míry snížil tlak na vodní zdroje v místech produkce a země by skrz nižší dovoz a spotřebu potravin snížily externalizaci spotřeby vody do jiných zemí. Při snižování vodní stopy národní spotřeby zemědělských plodin by však nebylo možné cílit na původ zemědělských plodin ze zemí s vyšším stupněm vodního stresu. I přesto si myslím, že by alespoň částečné snížení vodní stopy prostřednictvím redukce vyplývaných potravin mělo pozitivní dopady a přinejmenším by znamenalo první krok vpřed u snižování externalizace spotřeby vody do zemí s vyšším stupněm vodního stresu.

## 9. Závěr

Předkládaná práce se zabývá vazbami mezi spotřebou potravin a jejími environmentálními dopady ve světě. Byla analyzována vodní stopa z geografické perspektivy, a to konkrétně vodní stopa národní spotřeby dvou vybraných zemědělských plodin s důrazem na část externí vodní stopy. Hlavním cílem práce bylo zhodnotit dopady spotřeby vybraných dovážených plodin na vodní zdroje v zemích produkce porovnáním rozdílnosti dopadů v těchto zemích produkce.

V rámci výzkumu byly nejprve na základě stanovených kritérií vybírány dovážené plodiny vhodné pro následnou analýzu. Avokádo bylo vybráno jako plodina s velkou vodní stopou, ale méně významným objemem dovozu. Druhým výsledkem výběru byla rajčata naopak s malou vodní stopou, ale významným objemem dovozu. Obě plodiny se dováží z více než 5 zemí a zároveň ze zemí v různém stupni vodního stresu, což jsem stanovila jako faktory významné pro zachycení rozdílných dopadů produkce. Pro obě plodiny byly analyzovány dovozy do Česka v roce 2011, v případě rajčat i domácí produkce, dále identifikovány reexporty a hodnoty dovozů následně o tyto reexporty očištěny. Dále jsem vypočítala vodní stopu národní spotřeby daných plodin a zaměřila se na externí vodní stopu národní spotřeby pro další hodnocení. Vodní stopy dovozů byly revidovány podle metody revidované vodní stopy.

Vyčíslení VS a RVS na tunu produkce ukázalo významné rozdíly mezi výsledky při použití těchto dvou metod. Největší rozdíly mezi výsledky způsobovala kombinace odečtení vysoké hodnoty zelené vodní stopy a zejména násobení velmi nízkým charakterizačním faktorem vodního stresu. U avokáda to byl případ Keni, kde se vodní stopa po revidování snížila téměř o 100 % a u rajčat se jednalo o Polsko a Slovensko se snížením vodní stopy o 99,8 % a 97 %. Nejmenší rozdíl u obou plodin byl zaznamenán u Izraele (pro avokádo o 23 % a pro rajčata o 30 %) daný odečtem nízké hodnoty zelené vodní stopy a násobením velmi významnou hodnotou charakterizačního faktoru vodního stresu (0,99).

Vážením objemové vodní stopy na tunu charakterizačním faktorem vodního stresu změnilo pořadí zemí podle dopadů na vodní zdroje produkcí daných plodin. Produkce avokáda v Izraeli má objemovou vodní stopu až čtvrtou nejvyšší mezi hodnocenými zeměmi, ale po zvážení se dostává na první místo. Objemové vodní stopy na tunu rajčat upozorňovaly na Polsko a Slovensko, ale po zvážení je vidět, že produkce rajčat nepůsobí v těchto zemích

významné dopady na vodní zdroje. Zvážením vodních stop se naopak ukázaly Izrael, Turecko a Maroko jako oblasti s nejvyšším tlakem na vodní zdroje při produkci rajčat.

Při vážení vodních stop celkových dovozů se poměrně výrazně změnilo pořadí velikosti vodních stop v případě rajčat. Španělsko a Maroko zůstávají na prvním a druhém místě velikosti revidovaných vodních stop, ale Polsko s původně třetí nejvyšší vodní stopou se po revidování dostalo na poslední místo, RVS má tedy nejnižší ze všech zemí. Podobně Slovensko se z původní čtvrté nejvyšší vodní stopy vážením dostalo až na osmou pozici. Naopak Izrael se vážením posunul z posledního místa na páté, podobně Turecko z osmé pozice na třetí. U avokáda se po vážení vodních stop dovozů pořadí zemí podle dopadů příliš nezměnilo. Pouze Chile má po zvážení vyšší vodní stopu než Španělsko. I když má Izrael RVS na tunu produkce nejvyšší, RVS objemu dovozu zůstala na druhém místě za Jihoafrickou republikou z důvodu menšího dováženého objemu z Izraele.

Dílčí cíl, který spočíval ve výpočtu vodní stopy objemů dovážených plodin a identifikace rozdílů mezi výsledky metody vodní stopy a metody revidované vodní stopy, byl splněn. Podařilo se také potvrdit předpoklad, že metoda revidované vodní stopy identifikuje jiné země, kde produkce plodin působí významné dopady na vodní zdroje, než na které ukazovaly výsledky vodní stopy.

Dopady na vodní zdroje, způsobené pěstováním plodin na vývoz do Česka, se velmi liší v jednotlivých zemích v závislosti zejména na stupni vodního stresu v daných zemích a dále také na spotřebě modré vody, což často souvisí s aridním klimatem a nedostatkem srážkové (zelené) vody pro zavlažování, tedy faktory, které umocňují vodní stres v oblasti. Rozdílné dopady na vodní zdroje byly velmi dobře vidět u přibližně stejných objemů dovozu plodin. Na příkladu avokáda u třech zemí s různými stupni stresu (Keňa, Peru a Chile) byly rozdíly dopadů na vodní zdroje dokumentovány velmi výstižně. Z těchto zemí se dovezlo do Česka řádově stejné množství avokáda, ovšem podle výpočtů spotřeba avokáda v Česku má potenciál přispět k nedostatku vody v Peru 684 krát a v Chile 1400 krát vyšší než v Keni. V případě rajčat se objevily největší rozdíly u dopadů na vodní zdroje v místě produkce u dvou největších dovozců, Nizozemska a Španělska. Spotřeba daného množství rajčat ze Španělska má 50 krát větší potenciál přispět k nedostatku vody v zemi produkce než spotřeba přibližně stejného množství rajčat z Nizozemska. Porovnáním, jak rozdílné dopady na vodní zdroje v zemích produkce působí spotřeba vybraných dovážených plodin do Česka, byl splněn hlavní cíl práce.

Předpokládala jsem, že dopady na vodní zdroje, způsobené pěstováním vybraných zemědělských plodin, se významně liší podle toho, jaká je dostupnost vodních zdrojů v

dané exportující zemi. Tento předpoklad se potvrzoval průběžně během analyzování revidovaných vodních stop na tunu, revidovaných vodních stop dovozů a při porovnávání dopadů spotřeby dovážených plodin na vodní zdroje.

V předkládané práci se podařilo analyzovat propojení spotřeby vybraných potravin v Česku s dopady na vodní zdroje ve světě. Bylo zjištěno, že Česko jako země s nejnižším stupněm vodního stresu externalizuje významnou část dopadů na vodní zdroje do zemí, které jsou vystaveny závažnému nebo dokonce extrémnímu vodnímu stresu. Toto dokládá fakt, že je důležité zjišťovat, odkud dovezené potraviny pocházejí. Jednoznačné a účinné řešení problému externalizace spotřeby vody do zemí s vyšším stupněm vodního stresu zatím neexistuje. Jak rozebírám v kapitole *Diskuse návrhů řešení*, mým doporučením alespoň ke snížení celkové vodní stopy národní spotřeby by byla redukce úrovně plýtvání potravinami. Této problematice bych se ráda věnovala v rámci dalšího studia.

## **Literatura**

ALLAN, J. A. (1998): "Virtual Water: A strategic Resource. Global Solutions to Regional Deficits." *Ground Water*, 36, č. 4, s. 545-546.

ALLEN, R. G, PEREIRA L. S., RAES D. (1998): Crop evapotranspiration. Guidelines for Computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper. č. 56. Řím, FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.

BROWN, A., MATLOCK, M. D. (2011): A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies, University of Arkansas, The Sustainability Consortium.

CORDELL, D., DRANGERT, J.O., WHITE, S. (2009): The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, č. 19, s. 292-305.

FAO (2011): The State of the world's land and water resources for food and agriculture, Summary report, Managing system at risk, Řím.

FALKENMARK, M., LUNDQVIST, J., WINDSTRAND, C. (1989): Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches. Aspects of vulnerability in semi-arid development. *Nat Resour Forum*, r. 13, č. 4, s. 258–267.

GLEICK, P. H. (1996): Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs. *Water International (IWRA)*, č. 21, s. 83-92.

HOEKSTRA, A. Y., HUNG, P. Q. (2002): Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade ,Value of Water Research Report Series, č.11, UNESCO-IHE.

HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K., ALSAYA, M. M., MEKOMENN, M. M. (2009): Water footprint manual: State of the art 2009, Water Footprint Network, Enschede, the Netherlands.

HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K., ALDAYA, M. M., MEKONNEN, M. M. (2011): The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard. London, Washington, DC, Earthscan.

CHAPAGAIN, A.K., HOEKSTRA, A.Y., SAVENIJE, H.H.G., GAUTAM, R (2006): The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological Economics*, r. 60, č. 1, s. 186-203.

CHAPAGAIN, A.K., HOEKSTRA, A.Y. (2008): The global component of freshwater demand and supply: An assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products. *Water International*, r. 33, č.1,s. 19-32.

KUONINA, A., MARGNI, M., BAYART, J-B., BOULAY, A.M., BERGER, M., BULLE, C., FRISCHKNECHT, R., KOEHLER, A., CANALS, L.M., MOTOSHITA, M., NÚÑEZ, M., PETERS, G., PFISTER, S., RIDOUTT, B., van ZEML, R., VERONES, F., HUMBERT, S. (2013): Review of methods addressing freshwater use in life cycle inventory and impact assessment *Int J Life Cycle Assess*, č. 18, s. 707-721.

KUMMU, M., de MOEL, H., PORKKA, M., SIEBERT, S., VARIS, O., WARD, P.J. (2012): Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Science of the Total Environment*, č. 438, s. 447-489.

MEKONNEN, M.M., HOEKSTRA, A.Y. (2010): The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, *Value of Water Research Report Series*, č. 47, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

MEKONNEN, M. M., HOEKSTRA, A.Y. (2011) National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption, *Value of Water Research Report Series*, č. 50, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.



MILA I CANALS, L., CHENOWETH, J., CHAPAGAIN, A., ORR, S., ANTÓN, A., CLIFT, R. (2009): Assessing freshwater use impacts in LCA: part I—inventory modelling and characterisation factors for the main impact pathways. *Int J Life Cycle Assess*, r. 14, č.1, s. 28–42.

OKI, T., KANAE, S. (2006): Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, r. 313, č. 5790, s. 1068-1072.

PFISTER, S., KOEHLER, A., HELLWEG, S. (2009): Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA. *Environmental Science Technology*, č. 43, s. 4098 – 4104.

RASKIN, P., GLEICK, P., KIRSHEN, P., PONTIUS, G., STRZEPEK, K. (1997): *Water futures: assessment of long-range patterns and prospects*. Stockholm, Sweden

RIDOUTT, B. G., PFISTER, S. (2010): A revised approach to water foot printing to make transparent their pacts of consumption and production on global freshwater scarcity. *Global Environmental Change*, č. 20, s. 113 – 120.

RIDOUTT, B. G., PFISTER, S. (2010a): Reducing humanity's water footprint. *Environmental Science Technology*, r. 44, č. 16, s. 6019–6021.

RIJSBERMAN, F.R. (2006): "Water scarcity: Factor Fiction?" *Agricultural Water Management*, č. 80, s. 5-22.

ROCKSTRÖM, J., STEFFEN, W., NOONE, K., PERSSONM A., CHAPIN, F.S., LAMBIN, E.F., LENTON, T.M., SCHEFFER, M.F., CHNELLNHUBER, H.J., NYKVIST, B., HUGHES, T., van der LEEUW, S., RODHE, H., SORLIN, S., SNYDER, P. K., COSTANZA, R., SVEDIN, U., FALKENMARK, M., KARLBERG, L., CORELL, R.W., FABRY, V.J., HANSEN, J., WALKER, B., LIVERMAN, D., RICHARDSON, K., CRUTZEN, P., FOLEY, J.A. (2009): A safe operating space for humanity. *Nature*, č. 46, s. 472–475.

ROST, S., GERTEN, D., BONDEAU, A., LUCHT, W., ROHWER, J., SCHAPHOFF, S. (2008): Agricultural green and blue water consumption and its influence on the global water system. *Water resources research*, č. 44.

WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 44, W09405, doi:10.1029/2007WR006331, 2008  
published- 2008.

SMAKHTIN, V., REVENGA, C., DÖLL, P. (2004): A Pilot Global Assessment of Environmental Water Requirements and Scarcity. *Water International*, r. 29,č. 3, s. 307–317.

SULLIVAN, C. (2002): Calculating a Water Poverty Index. *World Development*. Elsevier Science Ltd., r. 30, č. 7, s. 1195-1210.

VOROSMARTY, CH.J., DOUGHLAS, E.M., GREEN, P.A., REVENGA, C. (2005): Geospatial Indicators of Emerging Water Stress: An Application to Africa. *Ambio* (Royal Sweedish Academy of Sciences), r. 34, č. 3, s. 30-236.

WIEDMANN, T., MINX, J. (2008): A Definition of 'Carbon Footprint'. In: PERTSOVA, C. C. *Ecological Economics Research Trends*. Nova Science Publishers, Hauppauge NY, s. 1 – 11.

WWAP, World Water Assessment Programme (2012): The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk (č. 1)

WWC, Ed. (2004). *E-Conference Synthesis: Virtual Water Trade – Conscious Choices*. Synthesis, World Water Council.

## Další zdroje

ČSÚ (2012): Databáze zahraničního obchodu

<http://apl.czso.cz/pll/stazo/STAZO.STAZO> [cit. 16. 3. 2014]

FAO (2013): Food wastage footprint: Impacts on natural resources, Summary Report [online]. Dostupné z < <http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf> > [cit. 20. 7. 2014]

FAOSTAT (2014): Production and trade database

<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/T/TP/E> [cit. 20. 4. 2014]

METODIKA ČSÚ (2012): Databáze zahraničního obchodu

[http://apl.czso.cz/pll/stazo/SS?j=Metodika\\_CS.html](http://apl.czso.cz/pll/stazo/SS?j=Metodika_CS.html) [cit. 18. 3. 2014]

MFAN- Ministry of foreign affairs of the Netherlands (2011): Fresh avocados in the Netherlands.

[http://www.cbi.eu/system/files/marketintel/2011\\_Fresh\\_avocados\\_in\\_The\\_Netherlands.pdf](http://www.cbi.eu/system/files/marketintel/2011_Fresh_avocados_in_The_Netherlands.pdf) [cit. 20. 4. 2014]

RUDA, A. (2013): Fyzická geografie, Klimatologie a hydrogeografie pro učitele, Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity

[http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/js13/fyz\\_geogr/web/skripta/klimatologie\\_hydrogeografie.pdf](http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/js13/fyz_geogr/web/skripta/klimatologie_hydrogeografie.pdf) [cit. 16. 2. 2014]

SCHULTE, P. (2014): Defining Water Scarcity, Water Stress, and Water Risk: It's Not Just Semantics

<http://pacinst.org/water-definitions/> [cit. 25. 4. 2014]

SIWI (2012): Water Resources and Scarcity

<http://www.siwi.org/media/facts-and-statistics/1-water-resources-and-scarcity/> [cit. 25. 4. 2014]

WHITE, CH. (2012): Understanding water scarcity: Definitions and measurements

<http://www.globalwaterforum.org/2012/05/07/understanding-water-scarcity-definitions-and-measurements/> [cit. 5. 5. 2014]

WFN (2014)- Water Footprint Network

<http://www.waterfootprint.org/?page=files/productgallery> [cit. 8. 6. 2014]

UNEP (2003): Voda nad zlato, Český národní komitét UNEP, Ministerstvo životního prostředí, Planeta- roč. 10, č. 6.

[http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/D279E945A1D1544EC1256F6300437E77/\\$file/voda\\_la\\_st.pdf](http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/D279E945A1D1544EC1256F6300437E77/$file/voda_la_st.pdf) [cit. 20. 2. 2014]